

FABIANA DOS SANTOS LIRA

AUDIOMETRIA POR MÚLTIPLAS RESPOSTAS
EVOCADAS DE ESTADO ESTÁVEL EM INDIVÍDUOS
EXPOSTOS A RUÍDO OCUPACIONAL

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

Orientador: Otávio Gomes Lins.

Co-orientadora: Denise Costa Menezes.

RECIFE

2012

Catálogo na fonte
Bibliotecária Giseani Bezerra, CRB4-1738

L768a Lira, Fabiana dos Santos.
Audiometria por múltiplas respostas evocadas de estado estável em indivíduos expostos a ruído ocupacional / Fabiana dos Santos Lira. – Recife: O autor, 2012.
142 folhas : il. ; 30 cm.

Orientador: Otávio Gomes Lins.
Tese (doutorado) – Universidade Federal de Pernambuco, CCS.
Programa de Pós-Graduação em Neuropsiquiatria e Ciências do Comportamento, 2012.
Inclui bibliografia, apêndices e anexos.

1. Potenciais evocados auditivos. 2. Audiometria de resposta evocada. 3. Perda auditiva. 4. Perda auditiva provocada por ruído. I. Lins, Otávio Gomes (Orientador). II. Título.

616.89 CDD (23.ed.)

UFPE (CCS2012-135)

Fabiana dos Santos Lira

Audiometria por Múltiplas Respostas Evocadas de Estado Estável em
Indivíduos Expostos a Ruído Ocupacional

Tese aprovada em: 26 de abril de 2012

Otávio Gomes Lins - Médico, Doutor em Neurologia e Neurociência pela Universidade Federal de São Paulo – Professor Adjunto do Departamento de Neuropsiquiatria da Universidade Federal de Pernambuco.

Silvana Maria Sobral Griz – Fonoaudióloga, Doutora em Psicologia Cognitiva pela Universidade Federal de São Paulo – Professora Adjunta do Departamento de Fonoaudiologia da Universidade Federal de Pernambuco.

Maria Luiza Lopes Timóteo de Lima – Fonoaudióloga, Doutora em Saúde Pública pelo Centro de Pesquisas Aggeu Magalhães – Professora Adjunta do Departamento de Fonoaudiologia da Universidade Federal de Pernambuco.

Marcelo Moraes Valença – Médico, Doutor em Ciências (Fisiologia Geral) pela Universidade Federal de São Paulo – Professor Associado do Departamento de Neuropsiquiatria da Universidade Federal de Pernambuco.

Pedro de Lemos Menezes - Fonoaudiólogo, Doutor em Física Aplicada à Medicina e Biologia pela Universidade de São Paulo – Professor Adjunto da Universidade Estadual de Ciências da Saúde de Alagoas.

Suplentes

Lílian Ferreira Muniz - Fonoaudióloga, Doutora em Psicologia Cognitiva pela Universidade Federal de Pernambuco – Professora Adjunta do Departamento de Fonoaudiologia da Universidade Federal de Pernambuco.

Belmira Lara da Silveira – Doutora em Ciências Biológicas pela Universidade Federal do Rio de Janeiro – Professora Adjunta da Universidade Federal de Pernambuco.

RELATÓRIO DA BANCA EXAMINADORA DA DEFESA DE TESE DA
DOUTORANDA FABIANA DOS SANTOS LIRA

No dia 26 de abril de 2012, às 9h, no Auditório do 2º andar do Programa de Pós Graduação em Neuropsiquiatria e Ciências do Comportamento do Centro de Ciências da Saúde da Universidade Federal de Pernambuco, os Professores: Maria Luiza Lopes Timóteo de Lima, Doutora Professora do Departamento de Fonoaudiologia da Universidade Federal de Pernambuco; Pedro de Lemos Menezes, Doutor Professor da Faculdade de Fonoaudiologia da Universidade Estadual de Ciências da Saúde de Alagoas; Silvana Maria Sobral Griz, Doutora Professora do Departamento de Cirurgia da Universidade Federal de Pernambuco; Marcelo Moraes Valença, Doutor Professor do Departamento de Neuropsiquiatria da Universidade Federal de Pernambuco e Otávio Gomes Lins, Doutor Professor do Departamento de Neuropsiquiatria da Universidade Federal de Pernambuco, componentes da Banca Examinadora, em sessão pública, argüiram a Doutoranda, FABIANA DOS SANTOS LIRA sobre a sua Tese intitulada "AUDIOMETRIA POR MÚLTIPLAS RESPOSTAS EVOCADAS DE ESTADO ESTÁVEL EM INDIVÍDUOS SUBMETIDOS A RUÍDO OCUPACIONAL" orientada pelo professor Dr. Otávio Gomes Lins. Ao final da argüição de cada membro da Banca Examinadora e resposta da Doutoranda, as seguintes menções foram publicamente fornecidas:

Profª. Drª. Maria Luiza Lopes Timóteo de Lima
Prof. Dr. Pedro de Lemos Menezes
Profª. Drª. Silvana Maria Sobral Griz
Prof. Dr. Marcelo Moraes Valença
Prof. Dr. Otávio Gomes Lins

Maria Luiza Lopes Timóteo de Lima
Pedro de Lemos Menezes
Silvana Maria Sobral Griz
Marcelo Moraes Valença
Otávio Gomes Lins

Profª. Drª. Maria Luiza Lopes Timóteo de Lima

Prof. Dr. Pedro de Lemos Menezes

Profª. Drª. Silvana Maria Sobral Griz

Prof. Dr. Marcelo Moraes Valença

Prof. Dr. Otávio Gomes Lins
Presidente da Banca

À minha maravilhosa família, pelo incentivo e apoio constantes, fatores tão necessários para conclusão de mais uma etapa profissional da minha vida acadêmica.

AGRADECIMENTOS

Ao meu maravilhoso Deus, sempre presente.

Ao professor Dr.Otávio Gomes Lins, por ter me auxiliado em todas as etapas da construção deste trabalho, acreditando em meu potencial e me dando o exemplo de um verdadeiro mestre.

Ao meu marido, Iury Pedro Buarque Lira Santos, por ter me apoiado desde o início da minha vida acadêmico-profissional, dando-me forças e compreendendo os momentos de ausência.

Às minhas filhas, Júlia dos Santos Buarque Lira e Isabela dos Santos Buarque Lira, que foram geradas durante o Curso.

Aos meus pais, Manoel Francisco Neto e Célia Maria dos Santos Francisco e aos meus irmãos, Anderson Francisco dos Santos e Macelly Renata dos Santos Francisco, pelo apoio, incentivo e amor a mim dedicados durante toda a minha vida.

Aos colegas da turma de Neurociência do ano de 2009 e aos funcionários do Programa de Pós-Graduação em Neuropsiquiatria e Ciências do Comportamento do Centro de Ciências da Saúde da Universidade Federal de Pernambuco pela harmoniosa convivência.

Às minhas amigas e colegas de profissão, Karina Danda, Alexsandra Glória, Taciana Calado e Mirella Rodrigues pelo constante incentivo e apoio.

Às amigas e também colegas de profissão, Elis, Moneska e Nathália e aos estudantes de Fonoaudiologia Fernando e Thales pela ajuda durante a coleta de dados.

Aos voluntários deste estudo, agradeço pela disponibilidade e também por terem se mostrado bastante compreensivos em aguardar o tempo do teste, pois sabíamos o quanto isso era difícil devido à necessidade do imediato retorno ao trabalho.

“Quando agimos, colhemos os frutos do nosso trabalho, mas quando
oramos, colhemos os frutos do trabalho de Deus.”
Max Lucado

LISTA DE ABREVIATURAS

ABR – *AUDITORY BRAINSTEM RESPONSE AUDIOMETRY*

AM – AMPLITUDE MODULADA

CEMOF – CLÍNICA DE MEDICINA OCUPACIONAL OCTÁVIO DE FREITAS

dB NA - DECIBEL NÍVEL DE AUDIÇÃO

dB NPS – DECIBEL NÍVEL DE PRESSÃO SONORA

dp – DESVIO PADRÃO

EOA - EMISSÕES OTOACÚSTICAS

FM- FREQUENCIA MODULADA

kHz- KILOHERTZ

LC- LIMITE DE CONFIANÇA

LISTA DE ABREVIATURAS

MASTER- *MULTIPLE AUDITORY STEAD RESPONSE*

PAINPSE - PERDA AUDITIVA INDUZIDA POR NÍVEIS DE PRESSÃO SONORA ELEVADOS

PAIR - PERDA AUDITIVA INDUZIDA POR RUÍDO

PAIRO - PERDA AUDITIVA INDUZIDA POR RUÍDO OCUPACIONAL

PCSMO - PROGRAMA DE CONTROLE MÉDICO DE SAÚDE OCUPACIONAL

PEAEE- POTENCIAL EVOCADO AUDITIVO DE ESTADO ESTÁVEL

PEATE - POTENCIAL EVOCADO AUDITIVO DE TRONCO ENCEFÁLICO

REAEE - RESPOSTAS EVOCADAS AUDITIVAS DE ESTADO ESTÁVEL

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1** – Distribuição das características da população do estudo.....pág.39
- Tabela 2-** Distribuição da média e desvio-padrão dos limiares comportamentais para os sujeitos portadores de PAIRO e para os indivíduos controles normais nas frequências de 0,5 a 6 kHz.....pág.41
- Tabela 3-**Anova Modelo Misto (PAIRO (2) × Frequencia (6). Testagem Comportamental.....pág.41
- Tabela 4-** Distribuição da média e desvio-padrão dos limiares fisiológicos para os sujeitos portadores de PAIRO e para os indivíduos controles normais nas frequências de 0,5 a 6 kHz.....pág.43
- Tabela 5** – Média e Desvio-padrão das diferenças constantes encontradas entre as duas avaliações (Fisiológica – Comportamental).....pág.43
- Tabela 6-**Anova Modelo Misto (PAIRO (2) × Frequencia (6). Testagem Fisiológica.....pág.45
- Tabela 7-**Anova Modelo Misto 2 (PAIRO) por 6 (Frequencia). Diferença (Fisiológica – Comportamental).....pág.45
- Tabela 8** -Anova Modelo Fatorial (Audio (2) × Frequencia (6)-Controles.....pág.47
- Tabela 9-** Anova Modelo Fatorial (Audio (2) × Frequencia (6) – PAIRO.....pág.48
- Tabela 10** – Tempo para diagnóstico fisiológico.....pág.54
- Tabela 11** –Tabela de Contigência. Estatísticas Derivadas. Caracterização da PAIRO para as frequências de 0,5 a 6 kHz.....pág.56
- Tabela 12-** Modelo de Regressão Logística – Equação e Efeito geral do modelo.pág.57
- Tabela 13-** Modelo de Regressão logística – Parâmetros e efeitos dos Termos....pág.57
- Tabela 14-** Regressão Logística – Desempenho do modelo na triagem.....pág.59
- Tabela 15** - Tempo para Triagem Auditiva Fisiológica (50 dB NPS).....pág.59
- Tabela 16-**Diferenças entre média e desvio-padrão dos limiares fisiológicos e comportamentais obtidos por vários estudos.....pág.62

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1** – Limiares auditivos dos sujeitos controles e portadores de PAIRO para a avaliação comportamental pela Audiometria Tonal Limiar.....pág.40
- Figura 2** – Limiares auditivos fisiológicos dos sujeitos controles e portadores de PAIRO para a avaliação com a utilização do MASTER.....pág.42
- Figura 3** – Diferenças constantes entre as avaliações (Fisiológica – Comportamental).....pág.44
- Figura 4** - Diferenças dos limiares auditivos entre os dois tipos de avaliação (comportamental e fisiológica) para os controlespág.46
- Figura 5** - Diferenças dos limiares auditivos entre os dois tipos de avaliação (comportamental e fisiológica) para os portadores de PAIROpág.47
- Figura 6** – Reta de Regressão Linear para 0,5 kHz.....pág.49
- Figura 7** – Reta de Regressão Linear para 1 kHz.....pág.50
- Figura 8** – Reta de Regressão Linear para 2 kHz.....pág.51
- Figura 9** – Reta de Regressão Linear para 3 kHz.....pág.52
- Figura 10** – Reta de Regressão Linear para 4 kHz.....pág.53
- Figura 11** – Reta de Regressão Linear para 6 kHz.....pág.54
- Quadro 1** – Critério ‘passa-falha’ em NPS para os controlespág.31
- Quadro 2** – Critério ‘passa-falha’ para os portadores de PAIRO.....pág.32

RESUMO

A Perda auditiva induzida por ruído ocupacional é instalada quando o ruído é intenso e sua exposição é continuada, em média 85dB(A) por oito horas por dia ocasionando alterações estruturais na orelha interna, que determinam a ocorrência deste tipo de perda auditiva. Este tipo de perda é um dos agravos mais frequentes à saúde dos trabalhadores, estando presente em diversos ramos de atividade. Seu diagnóstico é atualmente realizado pela audiometria tonal limiar que trata-se de uma forma subjetiva de obtenção dos limiares auditivos. Visto que, muitos destes, podem querer se beneficiar de alguma forma através deste resultado. Logo, se faz necessária a utilização de um método objetivo para obtenção de limiares auditivos nesta população. O objetivo do estudo foi verificar se os limiares obtidos pela Audiometria por Múltiplas Respostas Evocadas de Estado Estável podem estimar os limiares obtidos pela Audiometria tonal limiar (padrão-ouro para avaliação auditiva) em indivíduos expostos a ruído ocupacional. Os procedimentos foram realizados em três etapas: inicialmente foi realizada uma avaliação eletrofisiológica a partir da técnica da Audiometria por Múltiplas Respostas Evocadas de Estado Estável com 20 indivíduos expostos a ruído (controles) com limiares auditivos dentro do padrão de normalidade obtidos previamente pela audiometria tonal limiar, sendo avaliados através do protocolo 1 (500, 1000, 2000 e 4000Hz) e pelo protocolo 2 (750, 1500, 3000 e 6000 Hz). Em seguida, fizeram parte da pesquisa outros 20 indivíduos com confirmação prévia de Perda auditiva induzida por ruído ocupacional com a utilização dos mesmos protocolos. A última etapa teve por intuito definir se o experimento poderá vir a ser utilizado para triagem auditiva ocupacional. Participaram desta etapa 20 indivíduos, sendo avaliados por ambos os protocolos. O desenho do estudo foi transversal, descritivo e de validação de procedimento de diagnóstico. Para a análise automática das respostas evocadas de estado estável foi utilizado o *Fast Fourier Transform* e para as comparações a análise de variância (Anova). O nível de significância utilizado nas decisões estatísticas foi de 5%. No segundo experimento foi utilizada a regressão linear para permitir a quantificação do efeito de um exame em relação ao outro e o método proposto por Bland e Altman foi utilizado para estudar a concordância entre os dois métodos de exames. Para o terceiro experimento (triagem) foi usada a tabela de contingência e um modelo de Regressão Logística foi criado para estudar a medida da associação estatística através do Odds Ratio. Foi possível prever os limiares comportamentais a partir dos limiares fisiológicos com diferença de 10 a 15 dB até a frequência de 2kHz e a para 3, 4 e 6 kHz (frequências com perda auditiva) as diferenças entre os dois tipos de avaliações foram menores. A duração da testagem foi em média de 61 minutos e 32 segundos para testagem completa bilateral simultânea e de 2 minutos e 5 segundos para triagem (passa-falha) em uma intensidade. Estão contidos nesta tese um artigo de revisão sistemática da literatura e dois artigos originais.

Palavras-chave: Potencial Evocado Auditivo de Estado Estável, Respostas Evocadas Auditivas de Estado Estável, Perda Auditiva Induzida por Ruído.

ABSTRACT

The hearing loss induced by occupational noise is installed when the noise is intense and its exposure is continued, on average 85dB (A) for eight hours a day causing structural changes in the inner ear, which determine the occurrence of this type of hearing loss. The hearing loss induced by occupational noise is one of the most frequent injuries to health workers, present in many industries. The diagnosis is currently carried out by tone audiometry, but this is a subjective way of obtaining thresholds in workers, since many of them, may want to benefit in some way by this result. Therefore, it is necessary to use an objective method for obtaining thresholds in this population. The aim of this study was to determine whether the thresholds obtained by the Multiple Auditory Steady State Evoked Response can estimate the thresholds obtained by pure tone audiometry threshold (the gold standard for hearing evaluation) in individuals submitted to occupational noise. The procedures were performed in three steps: first an electrophysiological evaluation was performed using the technique of Multiple Auditory Response Stead with 20 individuals exposed to noise with auditory thresholds within the normal range previously obtained by pure tone audiometry being evaluated through the protocol 1 (500, 1000, 2000 and 4000 Hz) and protocol 2 (750, 1500, 3000 and 6000 Hz). Then part of the survey another 20 individuals with previously confirmed occupational hearing loss using the same protocols. The last step was to determine whether the trial order could be used to screen for occupational hearing loss, just 20 individuals participated in this step were analyzed by both protocols. The study design was cross-sectional, descriptive and validation of diagnostic procedure. For automatic analysis of evoked responses steady state was used Fast Fourier Transform for comparison the analysis of variance (Anova). The level of significance used in statistical decisions was 5%. The second experiment used linear regression to allow quantification of the effect of an examination in relation to each other and the method proposed by Bland and Altman was used to study the correlation between the two test methods. For the third experiment (screening) was used in a contingency table and logistic regression model was created to study the measure of statistical association with the odds ratio. It was possible to predict the behavioral thresholds from the physiological thresholds with a difference of 10 to 15 dB at the frequency of 2kHz and for 3, 4 and 6 kHz (frequency hearing loss) differences between the two types of ratings were lower. The duration of testing was on average de 61 minutes e 32 seconds to complete bilateral simultaneous testing and screening for 2 minutes and 5 seconds (pass failed) at an intensity. Are contained in this thesis a systematic review of the literature and two original articles.

Keywords: Responses Evoked Auditory Steady-State, Hearing Loss Induced by Noise.

SUMÁRIO

1-INTRODUÇÃO	16
2-REVISÃO DE LITERATURA	18
2.1-A Perda Auditiva Induzida por Ruído Ocupacional-PAIRO	18
2.2-Métodos Diagnósticos da PAIRO	21
2.2.1-Respostas Evocadas Auditivas de Estado Estável	22
3-OBJETIVOS	25
3.1-Geral	25
3.2- Específicos	25
4-MÉTODO	26
4.1-Local do Estudo	26
4.2-Delineamento da Pesquisa	27
4.3-População de Estudo	27
4.4-Para obtenção da RAEE	32
4.4.1-Colocação dos Eletrodos	32
4.4.2-Estímulos	33
4.4.3-Apresentação dos Estímulos	33
4.4.4-Produção dos Estímulos	33
4.4.5-Amplificadores e Filtros	33
4.4.6-Rejeição de artefatos e promediação	34
4.4.7-Transformação do registro para o domínio da frequência	34
4.4.8-Registro e Análise das Respostas	35
4.4.9- Detecção das Respostas	36
4.4.10-Estratégia para o registro das respostas	37
4.4.11-Análise Estatística	37
4.5- Análise dos Dados	37
4.6-Aspectos Éticos	37
4.7- Problemas Metodológicos	37
5-RESULTADOS	39
6-DISCUSSÃO	60
7-CONCLUSÕES	65
8- CONSIDERAÇÕES FINAIS	67
9-REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	68

10 - ANEXOS E APÊNDICES	76
▪ Artigo de Revisão Sistemática	87
▪ Artigo Original 1	99
▪ Artigo Original 2	129

1- INTRODUÇÃO

A perda auditiva relacionada ao trabalho, particularmente a perda auditiva induzida por ruído ocupacional (PAIRO), de alta prevalência nos países industrializados, destaca-se como um dos agravos à saúde do trabalhador mais prevalentes nas indústrias brasileiras (ALMEIDA, ALBERNAZ, ZAIA, XAVIER, KARAZAWA, 2000). Caracteriza-se por diminuição gradual da acuidade auditiva num período de, geralmente, seis a dez anos de exposição a elevados níveis de pressão sonora, sendo sempre neurossensorial e irreversível, com início nas altas frequências audiométricas (NUDELMANN, COSTA, SELIGMAN, IBAGÑEZ, 2001).

O diagnóstico de PAIRO depende da representação típica da audiometria tonal que consiste numa diminuição auditiva principalmente nas frequências de 3, 4, e 6 kHz. Entretanto, como a audiometria tonal é uma medida subjetiva de audição, há casos em que ocorre a ‘simulação’ da perda por parte dos examinados quando desejam obter algum tipo de benefício através deste diagnóstico. Logo, se faz necessária uma avaliação objetiva complementar capaz de estabelecer o diagnóstico correto e sem dúvidas. Atualmente existem estratégias que o examinador utiliza para controle do simulador, como por exemplo, testes de fala e técnica ascendente na audiometria tonal.

O resultado pode ser obtido através da Audiometria por Potenciais Evocados Auditivos de Tronco Encefálico - PEATE que permite a obtenção da atividade eletrofisiológica do sistema auditivo, realizando um mapeamento desde o nervo coclear, passando pelos núcleos cocleares, complexo olivar superior na ponte, lemnisco lateral até o colículo inferior no mesencéfalo (SOUZA, PIZA, ALVARENGA, CÓZER, 2008).

Os PEATE podem ser de curta, média e longa latência de resposta. A mais utilizada para diagnóstico de limiares eletrofisiológicos é a de curta latência denominado de Audiometria de Tronco Encefálico (ABR) porque não são afetados pelo sono, podendo ser realizada com o indivíduo dormindo.

Para testagem com utilização da ABR, o estímulo pode ser o clique, porém não ideal para PAIRO, pois este tipo de estímulo é de amplo espectro, embora a resposta seja principalmente originária de uma faixa de frequência de 2 a 4 kHz. Uma solução seria a utilização do *tone burst* ou *tone pip* onde há seletividade de frequência, porém o exame leva muito mais tempo na sua realização porque há a necessidade de pesquisar frequência por frequência.

O exame de Emissões Otoacústicas - EOA pode também ser utilizado como medida da função coclear, entretanto não é capaz de obter limiares auditivos e portanto não produzem um audiograma.

Por todas as desvantagens das técnicas referidas acima, por não serem objetivas ou por levar muito tempo em suas testagens ou mesmo por não produzirem audiogramas é que está proposto na presente tese uma nova técnica que foi desenvolvida, no final da década de 80, no Canadá, pelo Dr. Terry Picton (orientador do orientador desse estudo), no Centro de Pesquisa Rotman Research Institute associado à Universidade de Toronto.

Essa Técnica de avaliação inicialmente buscou desenvolver uma audiometria objetiva por frequência específica para que pessoas com dificuldades de fornecer a resposta, por exemplo, no caso dos bebês ou pessoas com algum tipo de impossibilidade, viessem a conseguir realizar suas avaliações.

A Técnica por Múltiplas Respostas Evocadas Auditivas de Estado Estável consiste numa avaliação eletrofisiológica da audição em que permite analisar quatro frequências em cada orelha simultaneamente modulando-se a amplitude de cada uma destas frequências e obtendo-se como resultado, resposta na mesma frequência em que o estímulo foi enviado.

Logo, a forma mais simples e objetiva de avaliar a audição de indivíduos expostos a ruído ocupacional seria através da audiometria por Múltiplas Respostas Evocadas de Estado estável (MASTER).

2-REVISÃO DE LITERATURA

2.1- A Perda Auditiva Induzida por Ruído Ocupacional- PAIRO

A Perda Auditiva Induzida por Ruído Ocupacional que atualmente é também denominada de Perda Auditiva Induzida por Níveis de Pressão Sonora Elevados (PAINPSE) é uma doença cumulativa e insidiosa, que cresce ao longo de anos de exposição, associada ao ambiente de trabalho. É causada por qualquer exposição que exerça uma média de 85dB(A), oito horas por dia, regularmente, por um período de vários anos (NUDELMANN e colaboradores, 2001).

A PAIRO é definida como uma diminuição auditiva gradual da acuidade auditiva decorrente da exposição continuada a níveis elevados de pressão sonora, sendo suas características: sempre sensorineural, em razão do dano causado às células do órgão de Corti situado na cóclea; uma vez instalada, a PAIRO, é irreversível e quase sempre similar bilateralmente; raramente leva à perda auditiva profunda, pois geralmente, não ultrapassa os 40 dBNA nas frequências altas; manifesta-se, primeira e predominantemente, nas frequências de 6,4 ou 3 kHz e, com o agravamento da lesão,

estendendo-se nas frequências de 8; 2; 1; 0,5 e 0,25 kHz as quais levam mais tempo para serem comprometidas (PORTARIA SSSTB N.19 DO MINISTÉRIO DO TRABALHO DE 09/04/98).

Tratando-se de uma doença coclear, o portador de PAIRO pode apresentar intolerância a sons intensos e zumbidos, além de ter comprometida a inteligibilidade de fala; a PAIRO não torna a orelha mais sensível a futuras exposições a ruídos intensos. À medida que os limiares auditivos aumentam, a progressão da perda torna-se mais lenta; a PAIRO geralmente atinge seu máximo para as frequências de 3,4,6 kHz nos primeiros 10 a 15 anos de exposição sob condições estáveis de ruído; não deverá haver progressão da perda uma vez cessada a exposição ao ruído intenso (COMITÊ NACIONAL DE RUÍDO E CONSERVAÇÃO AUDITIVA, 1994).

A Norma Regulamentadora 7 do Ministério do Trabalho que se refere ao Programa de Controle Médico de Saúde Ocupacional (PCSMO) define a maneira pela qual devemos realizar a interpretação dos resultados do exame audiométrico (redação dada pela Portaria nº 19 de 09 de Abril de 1998 sobre as diretrizes e parâmetros mínimos para avaliação e acompanhamento da audição em trabalhadores expostos a níveis de pressão sonora elevados).

“A interpretação dos resultados do exame audiométrico de referência deve seguir os seguintes parâmetros:

São considerados dentro dos limites aceitáveis, para efeito desta norma técnica de caráter preventivo, os casos cujos audiogramas mostram limiares auditivos menores ou iguais a 25 dB(NA), em todas as frequências examinadas.

São considerados sugestivos de perda auditiva induzida por níveis de pressão sonora elevados os casos cujos audiogramas, nas frequências de 3.000 e/ou 4.000 e/ou 6.000

Hz, apresentam limiares auditivos acima de 25 dB(NA) e mais elevados do que nas outras frequências testadas, estando estas comprometidas ou não, tanto no teste da via aérea quanto da via óssea, em um ou em ambos os lados.

São considerados não sugestivos de perda auditiva induzida por níveis de pressão sonora elevados os casos cujos audiogramas não se enquadram nas descrições contidas nos itens acima.”

A interpretação dos resultados do exame audiométrico sequencial deve seguir os seguintes parâmetros existentes nessa mesma Norma.

Há cerca de 20 anos os empresários brasileiros vêm enfrentado um aumento progressivo de ações indenizatórias cíveis e trabalhistas, ocasionadas pela PAIRO. Pois, apenas a partir da implantação da legislação de Segurança e Medicina do Trabalho, com as Normas Regulamentadoras (NRs), as empresas passaram a se adequar às normas vigentes (NUDELMANN, COSTA, FELIGMAN, IBÁÑEZ, 2001).

Hoje a PAIRO já é considerada um agravo à saúde de Notificação Compulsória, ou seja, desde abril de 2004 por Portaria do Ministério da Saúde, é obrigatório a comunicação de caso suspeito ou confirmado que deve ser feita por profissional de saúde ou por qualquer cidadão às autoridades sanitárias competentes.

Estudos em indústrias mostram que 44% dos carpinteiros e 48% dos metalúrgicos têm referido PAIRO. Cerca de 90% dos mineiros de carvão têm danos auditivos na idade dos 52 anos (comparado aos 9% da população em geral). 70% dos mineiros de metal terão dano auditivo na idade dos 60 anos. Os ramos de atividade com altos índices de exposição ao ruído são: agricultura, exploração de minas, construção, manufatura e utilidades, transporte e Forças Armadas (NUDELMANN, COSTA, FELIGMAN, IBÁÑEZ, 2001).

2.2- Métodos Diagnósticos da PAIRO

A audiometria é o método que introduz a noção de medida em audiologia. Tem por finalidade fixar o limiar de audição em cada frequência. O audiômetro elétrico emite sons puros de frequências conhecidas e variáveis, geralmente de 0,125 a 8 kHz, ao mesmo tempo em que, para cada som, produz intensidades conhecidas e variáveis (HUNGRIA, 2000). Porém, tem a desvantagem de necessitar da participação do paciente na obtenção dos limiares auditivos, portanto é uma medida subjetiva de audição.

Uma outra forma de avaliar a PAIRO se dá pela medida da função coclear através das Emissões Otoacústicas (EOA) que são energias sonoras de fraca intensidade amplificadas pela contração das células ciliadas externas da cóclea, podendo ser captadas no meato acústico externo (FIGUEIREDO, 2003).

As EOA são registradas na grande maioria dos indivíduos que apresentam audição normal (PIALARISSI, GATTAZ, 1997; BASSETO e colaboradores, 1998). Sua obtenção só é possível caso o paciente apresente perda auditiva leve de até 30dB NA para as emissões evocadas transientes, e de até 45 a 50dB NA para as emissões evocadas por produto de distorção (FROTA, 1998; MUNHOZ e colaboradores, 2003). A maior desvantagem da utilização das EOAE é que não são adequadas para a avaliação de limiares auditivos, sendo mais usado no caso do monitoramento auditivo da função coclear.

Dentre os potenciais evocados, a Audiometria de tronco cerebral (ABR) é a mais utilizada na prática clínica (SOUZA e colaboradores, 2007). Uma das suas maiores limitações é a falta de seletividade de frequência do estímulo sonoro comumente

usado, o clique (VALETE; LIMA, 2000), pois este permite a obtenção da atividade eletrofisiológica do sistema auditivo apenas na faixa de frequências de 2 a 4 kHz, o que dificulta a obtenção do diagnóstico nos casos de PAIRO. Mesmo que fosse utilizado estímulo como *tone pip* ou *tone burst* para que fossem pesquisadas todas as frequências, os limiares eletrofisiológicos demorariam um tempo muito maior para serem obtidos o que dificultaria sua aplicação na prática clínica.

Portanto, o presente estudo vem mostrar uma outra forma para avaliar a audição no caso de indivíduos submetidos a ruído seria através das Respostas Evocadas Auditivas de Estado Estável (REAAE).

2.1.1-Respostas Auditivas de Estado Estável

As respostas evocadas auditivas de estado estável são potenciais evocados repetitivos (REAAE) cujos componentes de frequência se mantêm constantes ao longo do tempo (REGAN, 1989). No final da década de 80 e década de 90, vários laboratórios obtiveram REAAE à frequência de estimulação entre 80 e 110 Hz. Estas respostas são versões de estado estável dos potenciais evocados auditivos de tronco encefálico que geram sete ondas (I a VII). Estas ondas são seguidas por uma onda lenta, negativa, registrada no vértice, com latência entre 10 a 12 ms, a onda N10 (SUZUKI E COLABORADORES, 1986, PRATT E COLABORADORES, 1990). Estas ondas são a base da audiometria por potencial evocado auditivo de tronco encefálico. Quando a estimulação é feita a ritmos entre 80 e 110 Hz, as ondas V e N10 tendem a se superpor e constituem uma resposta de estado estável (RICKARDS, 1994).

Técnicas que utilizem REAAE podem vir a preencher as necessidades de aperfeiçoamento da audiometria fisiológica. Estas respostas podem ser obtidas

apresentando-se um estímulo em um ritmo suficientemente rápido de modo que a resposta a um estímulo se superponha com a resposta ao estímulo precedente. Esta superposição gera uma resposta periódica na frequência que o estímulo é apresentado (REGAN, 1989).

Um estímulo constituído por um tom contínuo modulado em amplitude evoca na membrana basilar da cóclea uma REAEE na frequência em que o tom foi modulado (RICKARDS, CLARK, 1984; CHAMBERS, FETH, BURNS, 1986; PICTON e colaboradores, 1987). A resposta de estado estável para estímulos modulados entre 70 e 110 Hz é gerada por estruturas produtoras de campos abertos localizadas no tronco encefálico (LINS, 2002). Este tipo de estímulo apresenta características interessantes para propósitos de audiometria tonal, pois permite testar a acuidade auditiva à frequência do tom contínuo avaliando-se a resposta à frequência que o tom foi modulado, gerando, desta maneira, um audiograma.

Existem vários estímulos capazes de evocar uma mudança na frequência portadora (frequência principal de testagem onde se quer obter o limiar auditivo de resposta). Os estímulos podem ser de amplitude modulada (AM) ou de frequência modulada (FM), ou ainda, uma combinação das duas primeiras (JOHN; PURCELL, 2008). Outro tipo de estímulo é denominado de amplitude modulada exponencial (AM^2) capaz de produzir maiores respostas em baixas (como em 0,5 KHz) e altas frequências (como 4 KHz) tanto na testagem em adultos quanto em crianças (JOHN; DIMITRIJEVIC; PICTON, 2002; JOHN e colaboradores, 2004).

Portanto, seria muito útil a realização da audiometria eletrofisiológica por meio de uma técnica simples e eficiente que fornecesse os limiares para as diversas frequências importantes no caso da PAIRO (isto é, uma audiometria fisiológica tonal) que pode ser

realizada pela Audiometria por Múltiplas Respostas Evocadas de Estado Estável e que já está sendo bastante utilizada em bebês e em pessoas com dificuldades de darem a resposta subjetivamente (LUTS e colaboradores, 2004; PICTON e colaboradores, 2003; PICTON e colaboradores, 2005; PICTON, VAN ROON, JOHN, 2007; PICTON, VAN ROON, JOHN, 2009; RANCE e colaboradores, 2005; RANCE, TOMLIN, 2006; RODRIGUES, LEWIS, 2010; STROEBEL, SWANEPOEL, GRENEWALD, 2007; CALIL, LEWIS, FIORINI, 2006; DUARTE, ALVARENGA, GARCIA, COSTA FILHO, LINS, 2008).

3 - OBJETIVOS

3.1 - OBJETIVO GERAL:

Verificar se os limiares obtidos pela Audiometria por Múltiplas Respostas Evocadas de Estado Estável podem estimar os limiares obtidos pela Audiometria tonal limiar (padrão-ouro para avaliação auditiva) em indivíduos expostos a ruído ocupacional.

3.2 - OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

3.2.1 - Verificar a audiometria tonal limiar nas frequências com relação de oitava entre 0,25 a 8 kHz por via aérea e de 0,5 a 4 kHz por via óssea;

3.2.2 - Estabelecer um protocolo que englobe as frequências de 0,5, 1, 2, 3, 4 e 6 kHz para a pesquisa de limiares eletrofisiológicos através da Audiometria por Múltiplas Respostas Evocadas de Estado Estável;

3.2.3 - Associar os limiares eletrofisiológicos obtidos através da Audiometria por Múltiplas Respostas Evocadas de Estado Estável com os obtidos pela Audiometria Tonal Limiar.

3.2.4 - Verificar, através de análises estatísticas, se o protocolo poderá ser utilizado para triagem de PAIRO.

3.2.5 - Estabelecer o tempo de duração da testagem fisiológica pela Técnica das Múltiplas Respostas Auditivas de Estado Estável tanto para testagem completa para as duas orelhas simultaneamente quanto para a triagem por uma intensidade (passa-falha).

4 - MÉTODOS

4.1 - Local do Estudo

A pesquisa foi desenvolvida no laboratório de Neurofisiologia Clínica do setor de Neurologia e no ambulatório de Audiologia Clínica, ambos do Hospital das Clínicas da Universidade Federal de Pernambuco e no ambulatório de Audiologia da Clínica CEMOF – Clínica de Medicina Ocupacional Octávio de Freitas (Cartas de Anuência em anexo).

O laboratório de Neurofisiologia faz atendimentos ao público em geral do HC através de exames neurológicos, como o eletroencefalograma e exames eletromiográficos. Recebe também estudantes de graduação e pós-graduação da UFPE para desenvolvimentos de pesquisas na área eletrofisiológica.

No caso da presente pesquisa, o equipamento MASTER pertence ao orientador deste estudo. É uma ferramenta que consiste de um programa, desenvolvido no Canadá pelo Dr. Terry Picton, acoplado a um computador. Em média, a nova versão (Navigator Pro-MASTER) está custando aproximadamente 20 mil dólares e vendido pelo fabricante *Bio-logics - NATUS MEDICAL INCORPORATED*. Existe um site onde podem ser encontradas várias informações recentes a respeito do referido programa, bem como pesquisas atuais sobre o assunto: www.mastersystem.ca

O laboratório de Audiologia do Hospital das Clínicas é vinculado ao Departamento de Fonoaudiologia da UFPE. Realiza atendimentos ao público em geral e também recebe estudantes de graduação e pós-graduação para desenvolvimento de pesquisas audiológicas.

A Clínica de Medicina Ocupacional – CEMOF fica situada no bairro do Derby em Recife-PE. Atende as diversas especialidades médicas, realiza exames de laboratórios, clínicos e principalmente ocupacionais. No CEMOF há duas salas de Audiologia onde foi realizada parte da coleta de dados da presente pesquisa tanto audiometria como também foi montado, pela própria pesquisadora, o equipamento MASTER, sendo assim realizada a Audiometria por Múltiplas Respostas Evocadas Auditivas de Estado Estável nos voluntários.

4.2 - Delineamento da Pesquisa

Estudo transversal, pois trata-se de uma pesquisa que foi realizada num determinado momento particular; descritivo porque tem por objetivo descrever sobre a distribuição das características auditivas em indivíduos expostos a ruído ocupacional; e de validação de procedimento de diagnóstico, uma vez que vai se verificar se um novo teste de diagnóstico é válido e confiável comparado ao padrão-ouro (PEREIRA, 1995).

4.3 - População do Estudo

Foram estudados 40 indivíduos dos sexos feminino e masculino que realizavam suas funções laborais em ambiente insalubre expostos a ruído ocupacional. Destes, 20 com audição dentro do padrão de normalidade (sendo 10 indivíduos do sexo masculino e 10 do sexo feminino) e 20 com PAIRO (sendo 12 do sexo masculino e 8 do sexo feminino).

Quanto ao número de orelhas, a amostra do estudo foi constituída por 35 orelhas normais e 39 com PAIRO, totalizando um universo de 74 orelhas.

4.3.1- Amostragem

Os indivíduos que participaram da pesquisa foram recrutados em dois locais:

- Lavanderia do Hospital das Clínicas – UFPE. Neste ambiente havia indivíduos que trabalhavam pelo próprio hospital e outros terceirizados. Portanto, foi solicitado cartas de anuência tanto da chefia da lavanderia quanto da chefia das duas empresas terceirizadas prestadoras de serviço ao HC. As funções destes indivíduos eram de costureiros, operadores de máquinas de lavar e separadores de roupas da lavanderia.
- CEMOF – Clínica de Medicina Ocupacional. Local onde muitos trabalhadores realizam seus exames médicos. As funções dos sujeitos eram as mais diversas: técnicos em eletrônica, mecânicos, telefonistas e operadores de diversas máquinas industriais.

Todos foram convidados a realizar os exames audiológicos. Os que concordavam em participar eram esclarecidos sobre a pesquisa e assinavam o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.

O estudo foi realizado em três etapas pela própria pesquisadora:

- Procedimentos:

PRIMEIRA ETAPA: estabelecimento dos protocolos

Audiometria Tonal Limiar:

Inicialmente foi realizada avaliação audiométrica tonal limiar com 20 indivíduos (40 orelhas) com limiares auditivos dentro do padrão de normalidade, sendo considerados normais limiares até 25 dB NA, nas frequências de 250, 500, 1000, 2000, 3000, 4000,

6000 e 8000 Hz por via aérea e em 500, 1000, 2000, 3000 e 4000 Hz por via óssea com utilização dos fones supra-aurais TDH-39 e vibrador ósseo B - 71.

Foi realizada em todos os participantes a meatoscopia prévia para descartar problemas de impedimento à passagem do som, como nos casos de presença de rolha de cera e problemas condutivos foram excluídos do estudo pelo resultado da avaliação comportamental pela Audiometria Tonal Limiar (existência de *gap* aéreo/ósseo). Foram utilizados otoscópios da marca Mikatos e o Mini 3000 da Heine.

Foi utilizado o Audiômetro do Fabricante Maico, modelo MA 41, Número de série 68278, também foi utilizado um audiômetro da Marca Interacoustics, Modelo 227 devido a pesquisa ter sido realizada em dois locais de estudo distintos, mas foi realizada a calibração biológica na própria examinadora nos dois equipamentos sempre antes da realização dos testes.

A realização da audiometria tonal foi feita em cabina acústica. Os estímulos em tom puro foram apresentados através da técnica descentende-ascendente para obtenção dos limiares tonais.

Audiometria por Múltiplas Respostas Evocadas de Estado Estável:

Foram avaliados 20 indivíduos pelos protocolos 1 e 2 (detalhados abaixo). Foi utilizada sala silenciosa e na penumbra com os participantes acomodados em poltrona reclinável ou maca.

Protocolo 1: Foram avaliados os múltiplos tons ou frequências portadoras de 500, 1000, 2000 e 4000 kHz simultaneamente e em ambas as orelhas, sendo apresentados oito estímulos (quatro em cada orelha) modulados 100% em amplitude, nas frequências de modulação de 80.08; 84.01; 89.84; 94.73 Hz para a orelha direita; e 78.12; 83.01; 86.91; 91.80 Hz para a orelha esquerda respectivamente para cada portadora. Os estímulos foram apresentados ao indivíduo por meio de fones de

inserção EAR3A com intensidade que variou de 100 a 10dB NPS de forma decrescente até a obtenção do limiar eletrofisiológico.

Protocolo 2: Foram avaliados os múltiplos tons ou frequências portadoras de 750, 1500, 3000 e 6000 kHz simultaneamente e em ambas as orelhas, sendo apresentados oito estímulos (quatro em cada orelha) modulados 100% em amplitude, nas frequências de modulação de 80.08; 84.01; 89.84; 94.73 Hz para a orelha direita; e 78.12; 83.01; 86.91; 91.80 Hz para a orelha esquerda respectivamente para cada portadora. Também com intensidade que variou de 100 a 10dB NPS de forma decrescente até a obtenção do limiar eletrofisiológico.

Consideração: As frequências de 750 e de 1500 Hz foram utilizadas neste estudo apenas como formatação do protocolo 2 para que fossem englobadas as frequências de 3 e 6 kHz, separadas, assim, por bandas de oitavas.

SEGUNDA ETAPA: protocolos para PAIRO

Fizeram parte desta etapa 20 indivíduos (40 orelhas) com confirmação prévia sugestiva de Perda Auditiva Induzida por Ruído Ocupacional, pela Audiometria Tonal Limiar, com diferentes configurações, avaliados através da Audiometria por Múltiplas Respostas Evocadas de Estado Estável com o uso dos dois protocolos já normatizados. Esta etapa visou detectar a eficiência destes protocolos na estimativa dos limiares obtidos pela Audiometria tonal limiar em indivíduos submetidos a ruído ocupacional.

TERCEIRA ETAPA: triagem auditiva para PAIRO

Foram avaliados 20 indivíduos (40 orelhas) com PAIRO através da utilização de ambos os protocolos. Esta etapa teve como intuito definir se o nosso experimento

poderá vir a ser utilizado para triagem de PAIRO utilizando a Audiometria por Múltiplas Respostas Evocadas de Estado Estável.

Para que fossem construídas tabelas de contingência para o estabelecimento de um modelo 'passa-falha' para o MASTER em portadores de PAIRO foi preciso estabelecer um ponto de corte como critério de inclusão para os controles normais (indivíduos expostos a ruído ocupacional, mas que não tinham PAIRO). Para isso foi estabelecido o critério de 30 dB NA, ou seja, até 30 dB NA o sujeito era considerado normal para PAIRO, já que realizamos a Audiometria Tonal a passos de 10 dB (método descendente para obtenção dos limiares comportamentais) mais o fator de correção da Norma ISO para conversão de dB NA para dB NPS. Para os sujeitos portadores de PAIRO foi estabelecido o critério de 50 dB NPS, ou seja, a partir de 50 dB NPS o indivíduo era considerado portador de PAIRO, o que equivale ao Percentil 95 do grupo normal e também é aproximadamente igual ao somatório do critério do ponto de corte em dB NA (30) mais a diferença do limiar fisiológico e o comportamental mais o fator de correção da ISO, como podemos observar nos quadros abaixo.

	500Hz	1000Hz	2000Hz	3000Hz	4000Hz	6000Hz
Critério (NA)	30	30	30	30	30	30
*ISO	10,1	7,2	9,5	7,1	8,3	10
Critério (NPS)	40	37	40	37	38	40

*Anexo D

Quadro 1 – Critério 'passa-falha' em NPS para os controles

	500Hz	1000Hz	2000Hz	3000Hz	4000Hz	6000Hz
Critério (NA)	30	30	30	30	30	30
Diferença de limiar (fisiológico tonal)	11	15	13	12	16	12
*ISO	10,1	7,2	9,5	7,1	8,3	10
Somatório	51	52	53	49	55	52
Critério (NPS)	50	50	50	50	50	50

*Anexo D

Quadro 2 – Critério ‘passa-falha’ para os portadores de PAIRO

Considerações:

- Para todas as etapas foi respeitado o período de repouso auditivo de no mínimo 14 horas.
- Os parâmetros de estimulação e registro (descritos abaixo) tomaram como base os estudos prévios do orientador desta pesquisa (LINS, 2002; LINS, PICTON, 1996, LINS e colaboradores, 1995).

4.4 - Para obtenção da REAEE

4.4.1 - Colocação dos Eletrodos

Para ambos os protocolos, o eletrodo ativo foi colocado no vértice (C_z), o eletrodo de referência foi colocado na mastóide direita (M_2) e o eletrodo terra na mastóide esquerda (M_1). A impedância dos eletrodos foi mantida abaixo de $2K\Omega$ e entre os

eletrodos abaixo de $5k\Omega$. Antes da colocação dos eletrodos foi feita uma limpeza da pele do participante com gaze, pasta abrasiva e álcool.

4.4.2 - Estímulos:

Cada estímulo é construído modulando-se senoidalmente a amplitude de um tom puro (portadora). O espectro de frequência do tom modulado em amplitude é composto de um componente na frequência da portadora e dois componentes com frequência igual à frequência da portadora mais e menos à frequência de modulação (LINS, 2002).

4.4.3 - Apresentação dos estímulos:

Foram apresentados ao participante através de fones de inserção (EAR3A).

4.4.4 - Produção dos Estímulos:

Os estímulos foram produzidos digitalmente e convertidos para forma analógica. O conversor digital-analógico (DA) foi dirigido pelo mesmo *clock* que o conversor analógico-digital (AD). A frequência de conversão DA foi de 32.000Hz, exatamente 32 vezes à frequência de conversão AD.

4.4.5 - Amplificadores e Filtros:

Os registros foram amplificados (10.000 vezes), filtrados (passa-baixas:1Hz, passa-altas: 300Hz, 6 dB/oitava), digitalizados a 679 Hz, exatamente 1/32 a frequência de digitalização da conversão DA. Esta relação exata entre a frequência de conversão AD e da conversão DA, é fundamental, pois permite o uso da Transformação Rápida de Fourier (FFT) de altíssima resolução para melhorar a relação sinal-ruído (LINS, 2002).

4.4.6 - Rejeição de artefatos e promediação:

A unidade básica de registro foi a varredura (*sweep*). Cada varredura durava 12 segundos (8182 pontos de digitalização) e era dividida em 16 sessões de 750 ms (512 pontos). Para permitir que uma sessão contendo artefatos pudesse ser rejeitada sem a perda de toda a varredura, as frequências de modulação foram escolhidas de modo que cada sessão contivesse sempre um número inteiro de ciclos de modulação. Isto permitia que sessões descontínuas pudessem ser articuladas em seqüência sem perda da continuidade da varredura. Uma sessão era rejeitada se contivesse qualquer potencial maior que 80 μV (LINS, 2002).

Várias varreduras foram utilizadas para melhorar a relação sinal-ruído. O número máximo de varreduras utilizadas foram 36.

4.4.7 - Transformação do registro para o domínio da frequência

Os registros foram transformados para o domínio da frequência por um FFT. O registro digitalizado consiste em uma série de números representando a amplitude da resposta em uma série de pontos no tempo. Um registro digital no domínio da frequência consiste em uma série de números complexos representando os componentes espectrais em uma série de pontos no espectro de frequência. Os componentes espectrais são representados por números complexos porque são vetores bidimensionais. Um número complexo possui duas partes, chamadas de real e de imaginária, representando as projeções do vetor em coordenadas cartesianas X e Y. Normalmente essas coordenadas são transformadas em coordenadas polares amplitude (comprimento do vetor) e fase (rotação do vetor em torno da origem) (LINS, 2002):

Amplitude: $\sqrt{X^2 + Y^2}$ e Fase = $\arctan y/x$

4.4.8 - Registro e Análise das Respostas:

A resposta de estado estável para estímulos modulados entre 70 e 110 Hz é gerada por estruturas produtoras de campos abertos localizadas no tronco cerebral (LINS, 2002).

É bastante difícil identificar respostas e separá-las do ruído simplesmente inspecionado as ondas diretamente como elas são registradas, no domínio do tempo. No domínio da frequência, por outro lado, é muito simples, ou seja, a resposta a cada tom ocorre precisamente na frequência que cada tom foi modulado enquanto o ruído distribui-se amplamente no espectro de frequência.

Mesmo os estímulos sendo apresentados no mesmo instante, a resposta a cada um dos oito estímulos pode ser analisada independentemente, analisando-se o componente espectral correspondente à frequência na qual a portadora de cada estímulo foi modulada. Logo, vários estímulos podem ser apresentados simultaneamente aos dois ouvidos, pois a sensibilidade a cada frequência será avaliada simultânea e independentemente, desde que cada portadora seja modulada num ritmo diferente da outra.

4.4.9 - Detecção das Respostas

A presença ou ausência de uma resposta foi decidida por duas técnicas estatísticas, diferentes, F e T^2 . Ambas funcionam no domínio da frequência e são realizadas nos dados do FFT.

O teste F avalia se a amplitude da resposta (registrada na frequência de modulação) é significativamente maior que a amplitude do ruído (avaliado nas frequências vizinhas) (WEI, 1990; ZUREK, 1992).

O teste T^2 avalia se a resposta é replicável nas 16 sessões em que a varredura é dividida. O FFT de cada uma das sessões fornece 16 pares de componentes ortogonais X e Y na frequência de modulação para cada estímulo. Estes componentes são utilizados para calcular o limite de confiança bidimensional a 95% da média. Uma resposta é considerada presente se a origem (o zero) não está contida nos limites de confiança (LINS, 2002).

Para maior precisão na detecção das respostas foi optado por esperar no mínimo cinco varreduras (*sweeps*) e no máximo 36 varreduras, além das análises estatísticas, para o registro das respostas.

4.4.10 - Estratégia para o registro das Respostas

Foram apresentados os estímulos em amplitudes com intensidade crescente em passos de 10 dB até a obtenção da resposta significativa. A intensidade mínima utilizada foi de 0 dB NPS e a máxima foi de 100 dB NPS.

Uma resposta foi considerada presente quando os testes F e T^2 foram significantes com $p < 0,05$.

4.4.11 - Análise Estatística

Análise da Respostas Auditivas de Estado Estável - REAEE

As varreduras promediadas foram analisadas automaticamente utilizando o espectro de frequências resultante do *Fast Fourier Transform* (FFT) e consistiu na verificação da amplitude da REAEE em uma frequência de modulação específica comparada às frequências adjacentes e analisadas por um teste F com intervalo de confiança de 95%.

Uma resposta foi considerada presente com valor de $p < 0,05$.

4.5 - Análise dos dados

Foram calculadas a média e desvio-padrão (dp), demonstrados através de tabelas e gráficos. Para as comparações foi utilizada a análise de variância (Anova) (NETER e colaboradores, 1996) e para as comparações post-hoc foi utilizado o Test Tukey para comparação entre os pares. O nível de significância utilizado nas decisões estatísticas foi de 5%.

A regressão linear foi utilizada para permitir a quantificação do efeito de um exame em relação ao outro (MOTTA, 2006).

O método proposto por Bland e Altman foi utilizado para estudar a concordância entre os dois métodos de exame (BLAND; ALTMAN, 1986; BLAND; ALTMAN, 1999).

Para a análise da terceira etapa foram construídas tabelas de contingência para estudar a sensibilidade, a especificidade, o valor preditivo positivo e o valor preditivo negativo dos testes.

4.6 - Aspectos Éticos

O objetivo da pesquisa foi explicado verbalmente aos indivíduos que fizeram parte do estudo e os que concordarem em participar assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (anexo), o que incluiu o seu anonimato.

O projeto de pesquisa foi encaminhado ao Comitê de Ética e Pesquisa em Seres Humanos do Centro de Ciências da Saúde da Universidade Federal de Pernambuco e aprovado sob o protocolo nº 059/09 (Anexo A).

4.7 - Problemas Metodológicos

A maior dificuldade encontrada em relação à execução do presente estudo foi a falta de

tempo necessário para a realização dos testes audiológicos nesta população de trabalhadores, pois os voluntários precisavam retornar imediatamente ao trabalho após o término dos referidos testes. Devido a esse problema houve muitas perdas de avaliações (incompletas), para se ter uma ideia real da quantidade de avaliações perdidas, a pesquisa foi realizada em mais de 100 indivíduos (200 orelhas avaliadas).

5 - RESULTADOS

Foram avaliados pela audiometria tonal (avaliação comportamental) e pelas Múltiplas Respostas Auditivas de Estado Estável (avaliação fisiológica) um total de 40 sujeitos expostos a ruído ocupacional, sendo 20 controles normais e 20 portadores de PAIRO. Nos normais, das 40 orelhas avaliadas, 5 foram excluídas. Por ter sido realizado o método descendente de 10 em 10 dB na pesquisa de limiar, esses 5 sujeitos ficaram com limiares superiores a 30 dB NA o que os deixam excluídos da normalidade auditiva. No que se refere aos portadores de PAIRO, das 40 orelhas avaliadas, 1 sujeito foi excluído por não ter perda auditiva para a frequência de 6 kHz, frequência esta que foi utilizada como caracterização da Perda Induzida por Ruído juntamente com as de 3 e 4kHz.

Logo, a amostra do estudo foi constituída por 35 orelhas normais e 39 com PAIRO, totalizando um universo de 74 orelhas.

A Tabela 1 mostra a caracterização da população estudada. Com relação à idade da população dos controles a média foi de 42 anos. Para os portadores de PAIRO a média foi de 47 anos. Quanto ao sexo, a distribuição dos controles foi igual para ambos os sexos (50%). Para os portadores de PAIRO, 12 eram do sexo masculino (60%) e 8 (40%) eram do sexo feminino. Com relação ao tempo de exposição ao ruído, em anos de trabalho, a média foi de 13 anos para os controles e de 20 anos para os sujeitos com PAIRO.

Tabela 1 – Distribuição das características da população do estudo

Condição	N	Idade (anos) Média (dp)	Sexo				Orelhas	Tempo de exposição ao ruído (em anos) Média (dp)
			Masculino/Feminino		N %			
PAIR	20	47 (13)	12	60	8	40	35	20 (11)
Normal	20	42 (12)	10	50	10	50	39	13 (9)

A Figura 1 mostra os limiares tonais dos sujeitos controles e portadores de PAIRO para a avaliação comportamental pela Audiometria Tonal Limiar. Foi verificado que houve uma elevação dos limiares a partir da frequência de 3 kHz para os portadores de PAIRO.

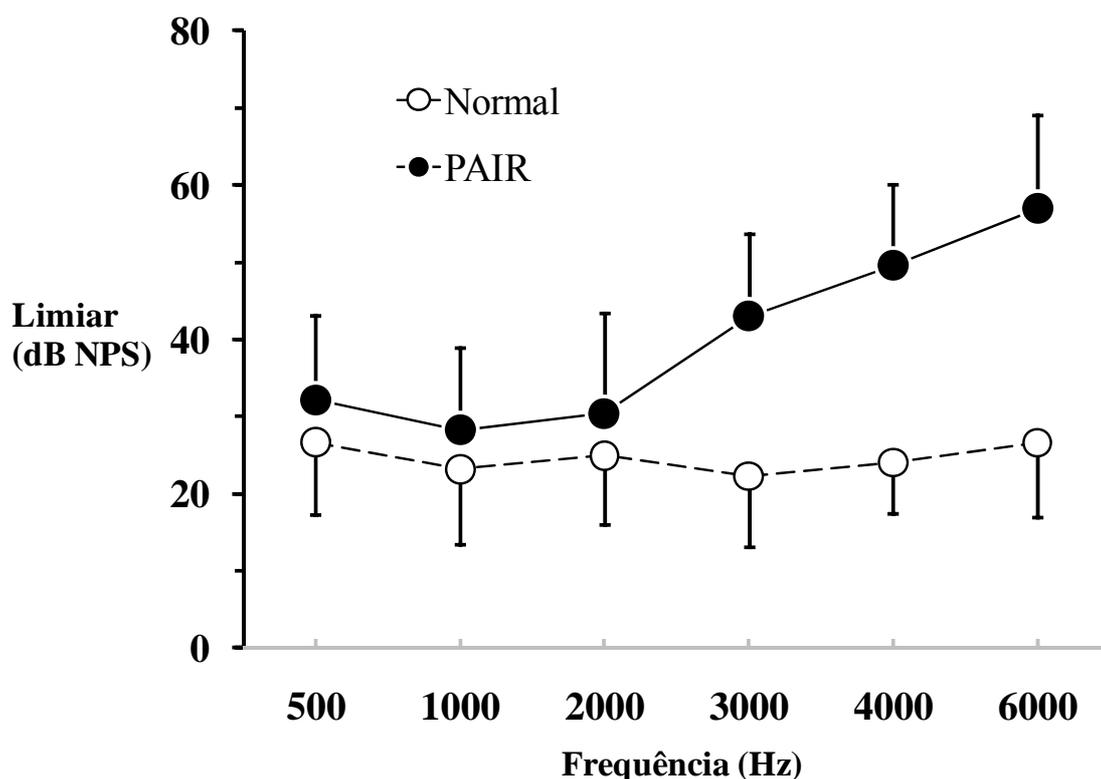


Figura 1 – Limiares auditivos dos sujeitos controles e portadores de PAIRO para a avaliação comportamental pela Audiometria Tonal Limiar

A Tabela 2 apresenta média e desvio-padrão dos limiares da avaliação comportamental pela Audiometria Tonal Limiar para os sujeitos portadores de PAIRO e para os indivíduos controles normais nas frequências de 0,5, 1, 2, 3, 4 e 6 kHz em que também mostra a elevação dos limiares a partir da frequência de 3 kHz para os portadores de PAIRO.

Tabela 2- Distribuição da média e desvio-padrão dos limiars comportamentais para os sujeitos portadores de PAIRO e para os indivíduos controles normais nas frequências de 0,5 a 6 kHz

	0,5 Hz	1 kHz	2 kHz	3 kHz	4 kHz	6 kHz
PAIR	32 (7)	28 (8)	31 (8)	43 (10)	49 (10)	57 (13)
Normal	27 (5)	23 (5)	25 (5)	22 (5)	24 (6)	27 (5)

Foi realizada a análise de variância (Anova) para a Testagem Comportamental (Audiometria Tonal Limiar) através de um modelo misto 2x6 (dois grupos, os que tinham PAIRO e os que não tinham e 6 frequências avaliadas) para comparação dos limiars comportamentais dos controles e dos portadores de PAIRO os resultados foram significantes para todas as frequências, sendo as diferenças maiores para 3, 4 e 6 kHz. Para comparação entre o grupo controle entre si não houve diferença significativa, também não houve diferença significativa entre si para o grupo de PAIRO para as frequências de 0,5; 1 e 2kHz, já para as frequências de 3, 4 e 6 houve diferença significativa como mostra a Tabela 3.

Tabela 3- Anova Modelo Misto (PAIRO (2) × Frequencia (6). Testagem Comportamental

ANOVA Modelo Misto Grupo (2) versus Frequência (6)

	df	MS	df	MS	F	p-level
	Effect	Effect	Error	Error		
GRUPO	1	26389.13	72	158.45	166.55	0.000
FREQ	5	2641.99	360	39.74	66.48	0.000
P x F	5	2435.83	360	39.74	61.29	0.000

Tukey HSD Post Hoc Teste

INTERAÇÃO: GRUPO x FREQ

Controles vs. PAIR (entre frequências iguais)	Freq (Hz)	500Hz	1000Hz	2000Hz	3000Hz	4000Hz	6000Hz
		0.01464	0.04056	0.01503	0.00002	0.00002	0.00002
Controles	Freq (Hz)	500Hz	1000Hz	2000Hz	3000Hz	4000Hz	
	1000Hz	0.42673					
	2000Hz	0.99983	0.90536				
	3000Hz	0.12742	0.99999	0.56408			
	4000Hz	0.76214	1.00000	0.99301	0.99671		
	6000Hz	1.00000	0.42673	0.99983	0.12742	0.76214	
PAIR	Freq (Hz)	500Hz	1000Hz	2000Hz	3000Hz	4000Hz	
	1000Hz	0.17145					
	2000Hz	0.99969	0.68565				
	3000Hz	0.00002	0.00002	0.00002			
	4000Hz	0.00002	0.00002	0.00002	0.00049		
	6000Hz	0.00002	0.00002	0.00002	0.00002	0.00002	

df: degrees of freedom; MS: Mean Square.

A Figura 2 mostra os limiares fisiológicos dos sujeitos controles e portadores de PAIRO para a avaliação pelo MASTER. Também foi verificado que houve uma elevação dos limiares a partir da frequência de 3 kHz para os portadores de PAIRO de forma semelhante da Audiometria Tonal Limiar.

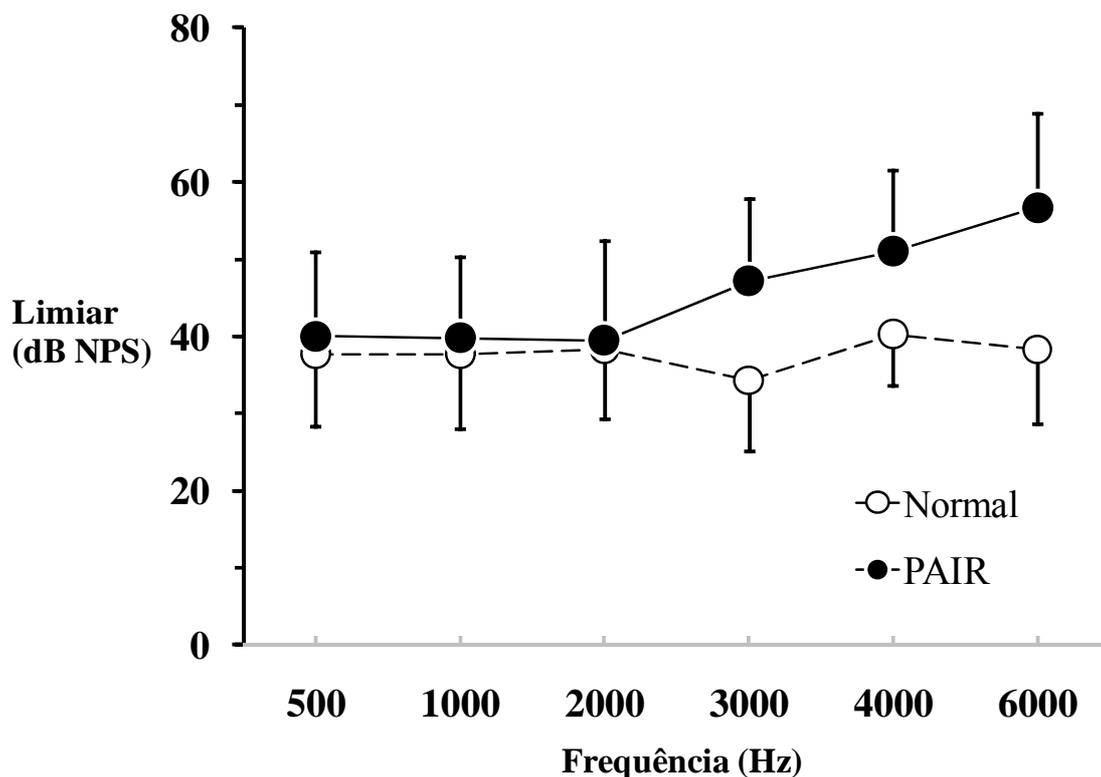


Figura 2 – Limiares auditivos fisiológicos dos sujeitos controles e portadores de PAIRO para a avaliação com a utilização do MASTER

A Tabela 4 apresenta média e desvio-padrão dos limiares da avaliação fisiológica com uso do MASTER para os sujeitos portadores de PAIRO e para os indivíduos controles normais nas frequências de 0,5, 1, 2, 3, 4 e 6 kHz em que também mostra a elevação dos limiares a partir da frequência de 3 kHz para os portadores de PAIRO semelhante ao encontrado pela Audiometria Tonal Limiar.

Tabela 4- Distribuição da média e desvio-padrão dos limiares fisiológicos para os sujeitos portadores de PAIRO e para os indivíduos controles normais nas frequências de 0,5 a 6 kHz

	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	3000 Hz	4000 Hz	6000 Hz
PAIRO	40 (7)	40 (8)	39 (8)	47 (10)	51 (10)	57 (13)
Normais	38 (11)	38 (11)	38 (13)	34 (11)	40 (10)	38 (11)

A Tabela 5 mostra a análise de variância para a Testagem Fisiológica (MASTER) também através do modelo misto 2x6 em que mostra resultados significantes ($p < 0,05$), ao compararmos os controles com os portadores de PAIRO, para as frequências de 3, 4 e 6 kHz, já as frequências de 0,5; 1 e 2kHz não mostram diferenças estatisticamente significantes. Ao serem comparados os controles entre si não há diferenças significantes e também entre o grupo de PAIRO entre si não há diferença significativa para 0,5; 1 e 2kHz, existindo diferenças significantes para 3, 4 e 6 kHz.

Tabela 5-Anova Modelo Misto (PAIRO (2) × Frequencia (6) Testagem Fisiológica

ANOVA Modelo Misto Grupo (2) versus Frequência (6)

	df	MS	df	MS	F	p-level
	Effect	Effect	Error	Error		
PAIR	1	6945.54	72	335.95	20.67	0.000
FREQ	5	1103.36	360	60.27	18.31	0.000
P × F	5	935.96979	360	60.27	15.53	0.000

Tukey HSD Post Hoc Teste

INTERAÇÃO: GRUPO x FREQ

Controles vs. PAIR (entre frequências iguais)	Freq (Hz)	500Hz	1000Hz	2000Hz	3000Hz	4000Hz	6000Hz
		0.98652	0.99501	0.99997	0.00002	0.00002	0.00002
Controles	Freq (Hz)	500Hz	1000Hz	2000Hz	3000Hz	4000Hz	
	1000Hz	1.000					
	2000Hz	1.000	1.000				
	3000Hz	0.791	0.791	0.582			
	4000Hz	0.966	0.966	0.996	0.056		
	6000Hz	1.000	1.000	1.000	0.582	0.996	
PAIR	Freq (Hz)	500Hz	1000Hz	2000Hz	3000Hz	4000Hz	
	1000Hz	1.000					
	2000Hz	1.000	1.000				
	3000Hz	0.003	0.001	0.001			
	4000Hz	0.000	0.000	0.000	0.010		
	6000Hz	0.000	0.000	0.000	0.000	0.055	

df: degrees of freedom; MS: Mean Square.

A Figura 3 refere-se à diferença constante (viés) encontrada entre as duas avaliações, Fisiológica e Comportamental. Mostra que houve uma diferença de 10 a 15 dB para os controles em todas as frequências e para os portadores de PAIRO até a frequência de 2kHz, após esta frequência a diferença diminui para 3, 4 e 6 kHz entre os dois tipos de avaliações.

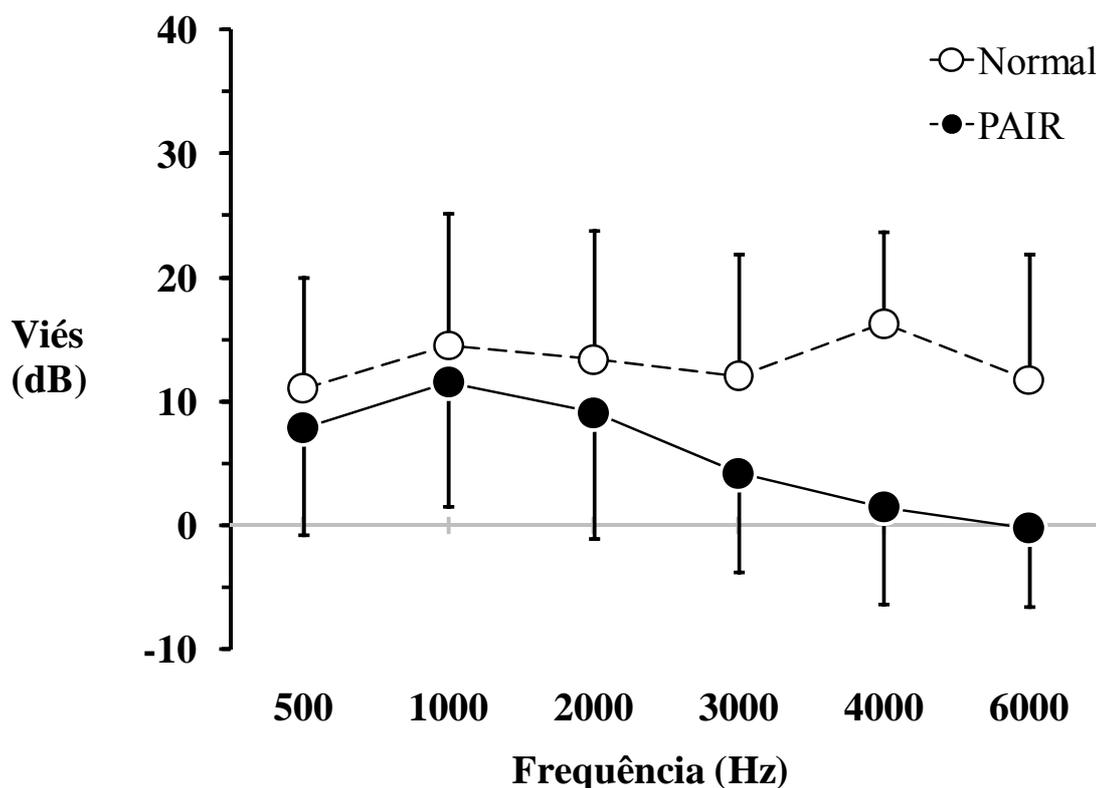


Figura 3 – Diferenças constantes entre as avaliações (Fisiológica – Comportamental)

A Tabela 6 apresenta média e desvio-padrão das diferenças constantes (viés) encontradas entre as avaliações Fisiológica e Comportamental para os sujeitos portadores de PAIRO e para os indivíduos controles normais em que mostra a diferença de 10 a 15 dB para os portadores de PAIRO até a frequência de 2kHz e que após esta frequência a diferença vai diminuindo para 3, 4 e 6kHz entre os dois métodos de avaliação.

Tabela 6 – Média e Desvio-padrão das diferenças constantes encontradas entre as duas avaliações (Fisiológica – Comportamental)

	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	3000 Hz	4000 Hz	6000 Hz
PAIR	8 (9)	12 (10)	9 (10)	4 (8)	1 (8)	0 (6)
Normal	11 (9)	15 (11)	13 (10)	12 (10)	16 (7)	12 (10)

A Tabela 7 mostra a análise de variância pelo modelo 2x6 das diferenças entre os dois tipos de avaliações. É possível verificar diferenças significantes para as frequências de 3,4 e 6kHz. Para comparações dos controles entre si não houve diferenças significantes e para as comparações entre si do grupo PAIRO o Post Hoc mostra diferenças para frequências a partir de 3kHz.

Tabela 7-Anova Modelo Misto 2 (PAIRO) por 6 (Frequencia) Diferença (Fisiológica – Comportamental)

ANOVA Modelo Misto Grupo (2) versus Frequência (6)

	df	MS	df	MS	F	p-level
	Effect	Effect	Error	Error		
GRUPO	1	6263.5	72	192.17	32.59	0.000
FREQ	5	507.83	360	61.77	8.22	0.000
G x F	5	453.61	360	61.77	7.34	0.000

Tukey HSD Post Hoc Teste

INTERAÇÃO: GRUPO x FREQ

GRUPO vs. FREQ	Freq (Hz)	500Hz	1000Hz	2000Hz	3000Hz	4000Hz	6000Hz
(entre frequências iguais)		0.869	0.911	0.490	0.002	0.000	0.000
Controles	Freq (Hz)	500Hz	1000Hz	2000Hz	3000Hz	4000Hz	
	1000Hz:	0.759					
	2000Hz:	0.961	1.000				
	3000Hz:	1.000	0.969	0.999			
	4000Hz:	0.144	0.998	0.947	0.436		
	6000Hz:	1.000	0.911	0.994	1.000	0.288	
PAIR	Freq (Hz)	500Hz	1000Hz	2000Hz	3000Hz	4000Hz	
	1000Hz:	0.610					
	2000Hz:	0.999	0.986				
	3000Hz:	0.651	0.002	0.127			
	4000Hz:	0.025	0.000	0.001	0.959		
	6000Hz:	0.000	0.000	0.000	0.309	0.994	

df: degrees of freedom; MS: Mean Square.

Para melhor visualização das diferenças existentes entre os dois tipos de avaliação (comportamental e fisiológica) para os controles e para os portadores de PAIRO foram plotadas as figuras seguintes (Gráficos 4 e 5).

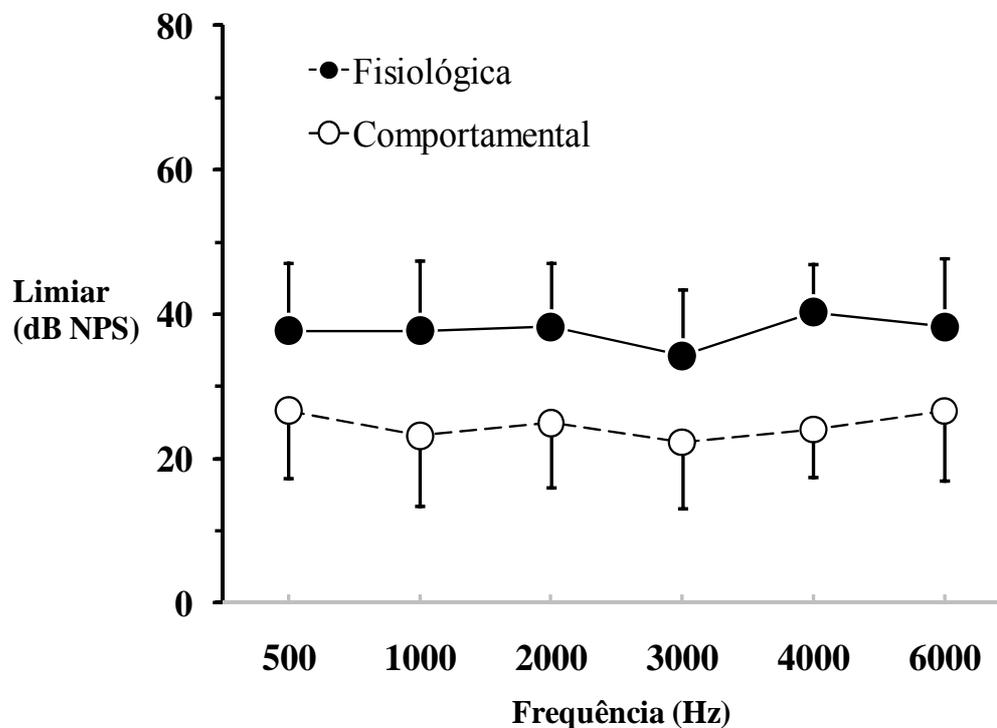


Figura 4 - Diferenças dos limiares auditivos entre os dois tipos de avaliação (comportamental e fisiológica) para os controles.

Para a análise estatística foi utilizado Modelo de Anova fatorial com medições repetidas 2x6. Para as comparações entre as duas avaliações os resultados em todas as frequências testadas foram significantes. Para as comparações da avaliação comportamental entre si não houve significância nem para as comparações da avaliação fisiológica entre si (Tabela 8).

Tabela 8 - Anova Modelo Fatorial (Audio (2) × Freqüencia (6))

Controles

ANOVA Medições Repetidas Audio (2) versus Freqüência (6)

	df	MS	df	MS	F	p-level
Effect	Effect	Effect	Error	Error		
AUDIO	1	183.24	170.00	39.71	4.61	0.001
FREQ	5	18268.8	34.00	132.24	138.15	0.000
A × F	5	74.67	170.00	29.45	2.54	0.030

Tukey HSD Post Hoc Teste

INTERAÇÃO: AUDIO × FREQ

GRUPO vs. FREQ	Freq (Hz)	500Hz	1000Hz	2000Hz	3000Hz	4000Hz	6000Hz
(entre frequências iguais)		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
COMP	Freq (Hz)	500Hz	1000Hz	2000Hz	3000Hz	4000Hz	
	1000Hz	1.000					
	2000Hz	1.000	1.000				
	3000Hz	0.256	0.256	0.086			
	4000Hz	0.706	0.706	0.929	0.051		
	6000Hz	1.000	1.000	1.000	0.086	0.929	
FISIO	Freq (Hz)	500Hz	1000Hz	2000Hz	3000Hz	4000Hz	
	1000Hz	0.201					
	2000Hz	0.999	0.777				
	3000Hz	0.055	1.000	0.319			
	4000Hz	0.548	1.000	0.977	0.988		
	6000Hz	1.000	0.201	0.999	0.031	0.548	

df: degrees of freedom; MS: Mean Square.

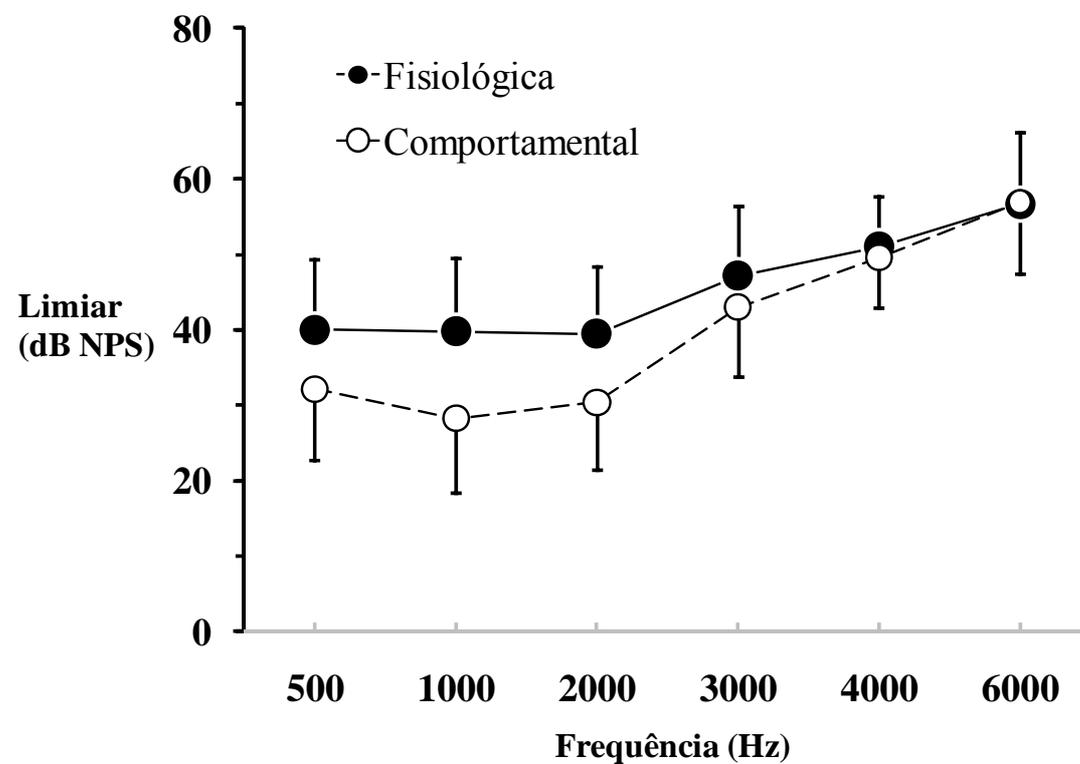


Figura 5 - Diferenças dos limiares auditivos entre os dois tipos de avaliação (comportamental e fisiológica) para os portadores de PAIRO.

Para as comparações entre as duas avaliações os resultados foram significantes para as frequências de 0,5; 1 e 2kHz. Para as comparações da avaliação comportamental entre si houve significância entre todas as frequências, exceto entre 3 e 4kHz. Para as comparações da avaliação fisiológica entre si houve significância a partir de 3 kHz (Tabela 9).

Tabela 9- Anova Modelo Fatorial (Audio (2) × Frequencia (6) PAIRO

ANOVA Medições Repetidas Audio (2) versus Frequência (6)

	df	MS	df	MS	F	p-level
	Effect	Effect	Error	Error		
AUDIO	5	6835.69	190.00	95.87	71.30	0.000
FREQ	1	3762.7	38.00	62.96	59.76	0.000
A × F	5	400.77	190.00	31.75	12.62	0.000

Tukey HSD Post Hoc Tests

INTERACTION: AUDIO x FREQ

GRUPO vs. FREQ	Freq (Hz)	500Hz	1000Hz	2000Hz	3000Hz	4000Hz	6000Hz
(entre frequências iguais)		0.000	0.000	0.000	0.038	0.970	1.000
COMP	Freq (Hz)	500Hz	1000Hz	2000Hz	3000Hz	4000Hz	
	1000Hz	1.000					
	2000Hz	1.000	1.000				
	3000Hz	0.000	0.000	0.000			
	4000Hz	0.000	0.000	0.000	0.104		
	6000Hz	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	
FISIO	Freq (Hz)	500Hz	1000Hz	2000Hz	3000Hz	4000Hz	
	1000Hz	0.070					
	2000Hz	0.999	0.512				
	3000Hz	0.000	0.000	0.000			
	4000Hz	0.000	0.000	0.000	0.000		
	6000Hz	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	

df: degrees of freedom; MS: Mean Square.

A partir das figuras seguintes serão mostradas regressões lineares para o universo dos dois grupos estudados, controles normais e portadores de PAIRO juntos. As bolinhas pretas representam o número de sujeitos estudados, porém valores muito próximos causam união das bolinhas, ou seja, cada uma delas pode representar mais de um sujeito.

A Figura 6 mostra a reta de regressão linear formada para 0,5kHz onde o gráfico de dispersão apresenta-se como uma nuvem de pontos sem tendência e o gráfico de Bland-Altman mostra a diferença dos dois tipos de avaliações pela média das duas avaliações (Fisiológica – Comportamental) com intervalos de confiança a 95% e variabilidade de 15 dB.

Gráfico de Dispersão

0,5 kHz

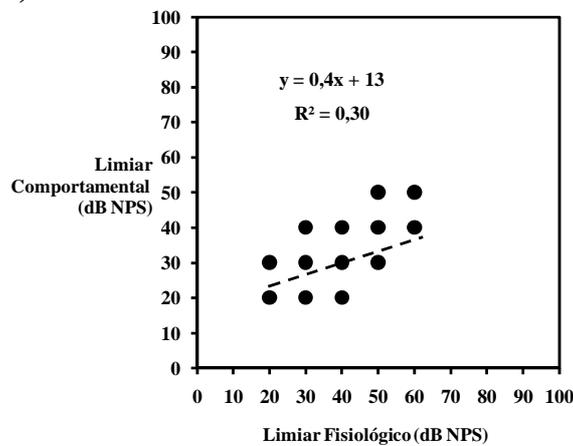


Gráfico de Bland-Altman

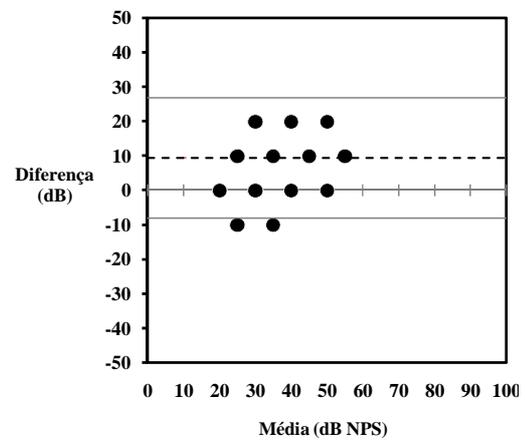


Figura 6 – Reta de Regressão Linear para 0,5 kHz

A Figura 7 mostra a reta de regressão linear formada para 1 kHz onde o gráfico de dispersão também apresenta-se como uma nuvem de pontos sem tendência e o gráfico de Bland-Altman mostra a diferença dos dois tipos de avaliações pela média das duas avaliações (Fisiológica – Comportamental) com intervalos de confiança a 95% e variabilidade de 15 dB.

Gráfico de Dispersão 1 kHz

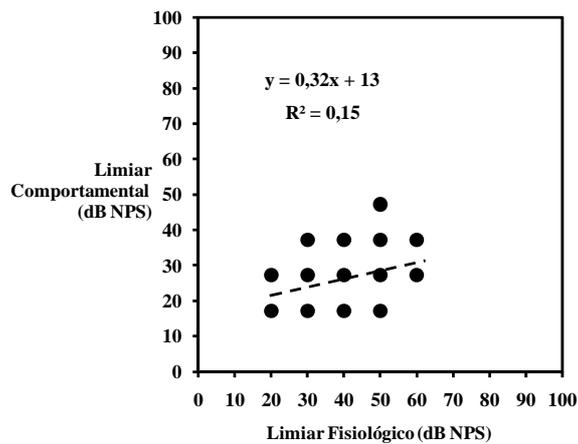


Gráfico de Bland-Altman

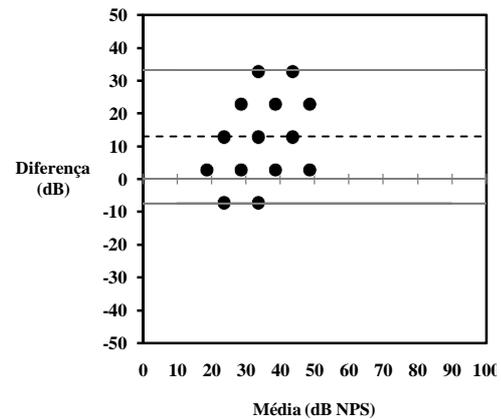


Figura 7 – Reta de Regressão Linear para 1kHz

A Figura 8 mostra a reta de regressão linear formada para 2 kHz onde o gráfico de dispersão também apresenta-se como uma nuvem de pontos sem tendência, pois de 0,5 a 2kHz não há variabilidade e o gráfico de Bland-Altman mostra a diferença dos dois tipos de avaliações pela média das duas avaliações (Fisiológica – Comportamental) com intervalos de confiança a 95% e variabilidade de 15 dB.

Gráfico de Dispersão 2 kHz

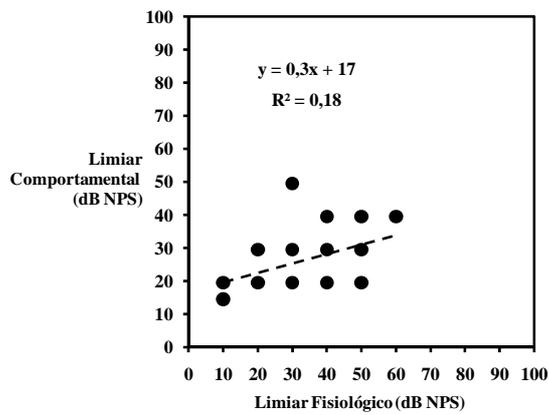


Gráfico de Bland-Altman

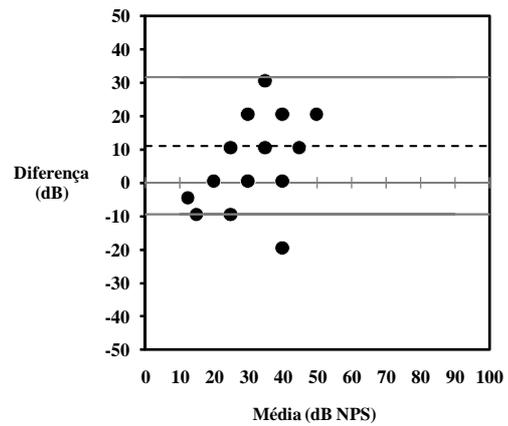


Figura 8 – Reta de Regressão Linear para 2kHz

A Figura 9 mostra a reta de regressão linear formada para 3 kHz onde já é possível visualizar uma melhora da dispersão e o gráfico de Bland-Altman mostra a diferença dos dois tipos de avaliações pela média das duas avaliações (Fisiológica – Comportamental) com intervalos de confiança a 95% e variabilidade de 15 dB.

Gráfico de Dispersão 3 KHz

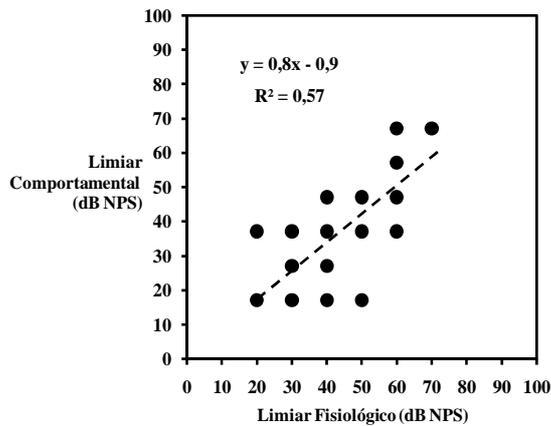


Gráfico de Bland - Altman

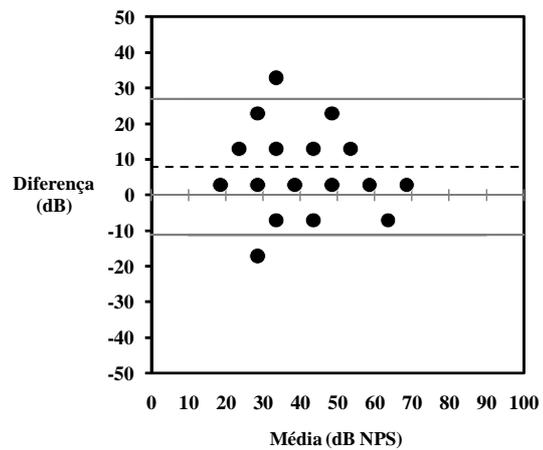


Figura 9 – Reta de Regressão Linear para 3kHz

A Figura 10 mostra a reta de regressão linear formada para 4 kHz onde o gráfico de dispersão já apresenta-se com tendência e o gráfico de Bland-Altman mostra a diferença dos dois tipos de avaliações pela média das duas avaliações (Fisiológica – Comportamental) com intervalos de confiança a 95% e variabilidade de 15 dB.

Gráfico de Dispersão 4 kHz

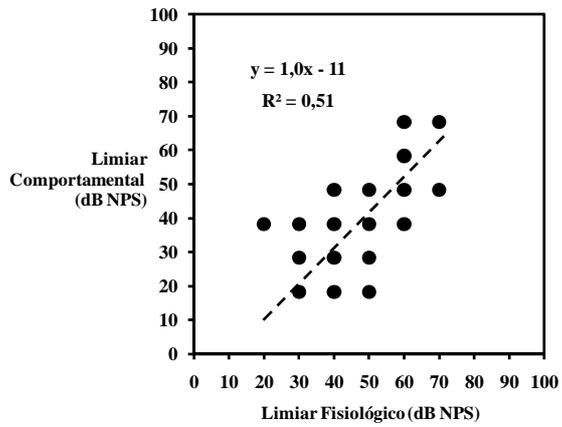


Gráfico de Bland-Altman

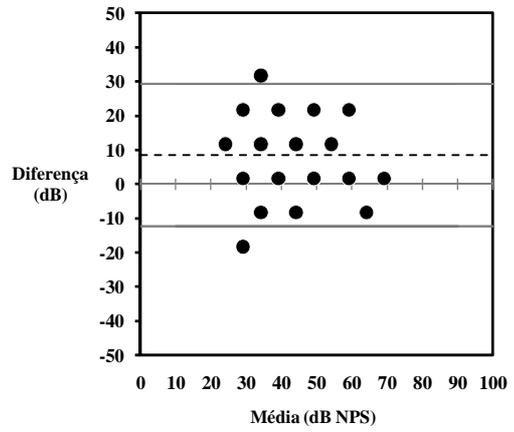


Figura 10 – Reta de Regressão Linear para 4 kHz

A Figura 11 mostra a reta de regressão linear formada para 6 kHz onde o gráfico de dispersão apresenta-se com linha de tendência com melhor valor do R quadrado (R^2) e o gráfico de Bland-Altman mostra a diferença dos dois tipos de avaliações pela média das duas avaliações (Fisiológica – Comportamental) com intervalos de confiança a 95% e variabilidade de 15 dB.

Gráfico de Dispersão 6 KHz

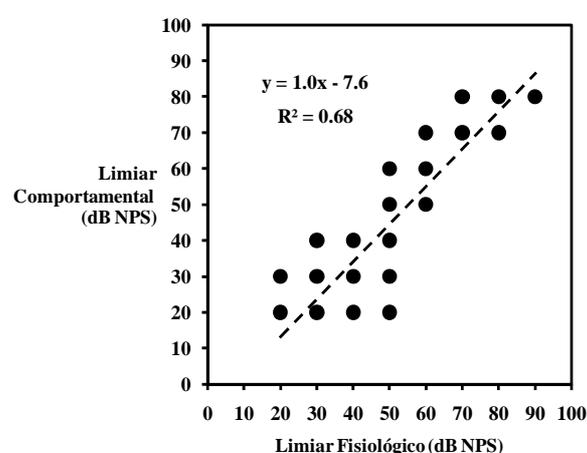


Gráfico de Bland-Altman

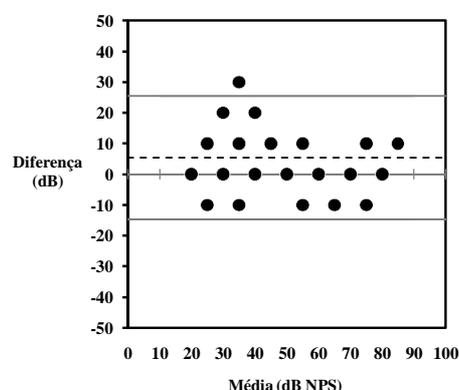


Figura 11 – Reta de Regressão Linear para 6 kHz

Duração da testagem para diagnóstico fisiológico

A duração da testagem completa fisiológica foi 61 minutos e 32 segundos com limite superior (limite de confiança a 95%) de 86 minutos e 58 segundos, como pode ser observado na Tabela 10.

Tabela 10 - Tempo para diagnóstico fisiológico

	Tempo (min, seg)
Média	61' 32''
LC95%	86' 58''

LC95% Limite de confiança 95%

Obs.: LC95% - Neste tempo 95% das orelhas estavam concluídas.

Triagem Auditiva com utilização das Respostas Evocadas Auditivas de Estado Estável

A Tabela 11 é uma tabela de contingência que mostra a caracterização da PAIRO para as frequências de 0,5; 1; 2; 3; 4 e 6 kHz. Mostra que o Teste Exato de Fisher (TEF) foi significativo para todas as frequências (não atravessa o zero). O Odds Ratio (razão de chances) mostrou que, para a frequência de 6 kHz, há 22 vezes maior chance de ser encontrada a PAIRO, quando ela existir, do que considerar o sujeito como normal. E o Kappa mostrou-se maior (0,62) para a frequência de 6 kHz e menor quanto mais baixa fosse a frequência (0,37 para 0,5 kHz).

**Tabela 11 –Tabela de Contigência. Estatísticas derivadas.
Caracterização da PAIRO
para as frequências de 0,5 a 6 kHz.**

FISIOLÓGICA	COMPORTAMENTAL		P (TEF)	OR	IC95%	Kappa	
	Sim	Não					
6 KHz	Sim	35	10	<0,001	22	5,4 a 96	0,62
	Não	4	25				
4 KHz	Sim	31	6	<0,001	14	4,0 a 52	0,57
	Não	10	27				
3 KHz	Sim	23	3	<0,001	19	4,3 a 94	0,54
	Não	14	34				
2 KHz	Sim	11	12	<0,001	22	3,8 a 171	0,50
	Não	2	49				
1 KHz	Sim	9	12	<0,001	19	3,2 a 149	0,46
	Não	2	51				
0,5 KHz	Sim	8	15	<0,001	13	2,2 a 101	0,37
	Não	2	49				

TEF: Teste Exato de Fisher; OR: Odds Ratio; IC 95%: Intervalo de Confiança de 95%

Modelo de Regressão Logística – Equação e Efeito geral do modelo

Foi realizado também um Modelo de equação logística, ou seja, para saber se um sujeito passou ou falhou na triagem coloca-se os limiares encontrados na equação mostrada abaixo na Tabela 12.

Esse modelo mostra um efeito protetor (valor negativo) para a frequência de 1 kHz, ou seja, os controles possuem a frequência de 1kHz presentes e até 30 dB NA (Tabela 13).

Tabela 12-Modelo de Regressão Logística. Equação e Efeito Geral do Modelo

$$\text{Logit (GRUPO)} = -2.35 - 1.92 \text{ 1KHz} + 1.82 \text{ 3KHz} + 1.75 \text{ 4KHz} + 2.69 \text{ 6Hz}$$

	X^2	P
Modelo	47.11	<0,0001

Tabela 13-Modelo de Regressão logística – Parâmetros e efeitos dos Termos

Termo	Coefficiente	X^2	P	OR	IC95%
Constante	-2,35	21,42	<0,0001	0,10	0,03 a 0,33
1 KHz	-1,92	4,90	0,0268	0,15	0,023 a 0,95
3 KHz	1,82	4,72	0,0299	6,17	1,14 a 33,51
4 KHz	1,75	5,16	0,0231	5,74	1,20 a 27,40
6 KHz	2,69	14,63	0,0001	14,70	3,21 a 67,19

Regressão Logística

A triagem ‘passa-falha’ com utilização do MASTER pode ser considerada como um bom modelo estatístico. As orelhas que foram identificadas por ambos as testagens, tanto pelo padrão-ouro (comportamental) quanto pelo modelo fisiológico apresentado por esse estudo foi de 35; 28 orelhas que não tinham PAIRO pela testagem do padrão-ouro também foram identificadas como não tendo perda auditiva pela testagem realizada pelo presente modelo, logo de um universo de 74 orelhas estudadas, 63 foram corretamente identificadas pelo modelo apresentado; 7 orelhas foram identificadas como PAIRO apenas pelo modelo e não pelo padrão-ouro (falso-positivo) e 4 orelhas foram identificadas como PAIRO apenas pelo padrão-ouro e não pelo modelo fisiológico (falso-negativo). Apresentou sensibilidade de 90%, percentagem dos casos que foram corretamente identificadas pelo modelo e especificidade de 80%, percentagem dos casos que não tinham PAIRO e foram corretamente identificados como não portadores de PAIRO. Apresentou Valor Preditivo Positivo de 83%, percentagem dos casos que foram triados e que realmente tinham PAIRO e Valor Preditivo Negativo de 88%, percentagem dos casos que foram identificados como não tendo PAIRO e que realmente não tinham PAIRO.

		COMPORTAMENTAL	
		Sim	Não
FISIOLÓGICA	Sim	35	7
	Não	4	28

Tabela 14- Regressão Logística – Desempenho do modelo na triagem

Estatística	
Teste Exato de Fisher (P)	0,000
Odds Ratio (OR)	35
Limites de confiança do OR	8 – 171
Sensibilidade	90%
Especificidade	80%
Valor Preditivo Positivo	83%
Valor Preditivo Negativo	88%

Duração da triagem

O tempo de realização da triagem correspondeu a 2 minutos e 5 segundos com limite superior (limite de confiança a 95%) de 3 minutos e 57 segundos como pode ser observado na Tabela 15.

Tabela 15 - Tempo para Triagem Auditiva Fisiológica (50 dB NPS)

	Tempo (min, seg)
Média	2' 5''
LC95%	3' 57''

LC95% Limite de confiança 95%

Obs.: LC95% - Neste tempo 95% das orelhas estavam concluídas.

6- DISCUSSÃO

O propósito do presente estudo foi verificar se os limiares obtidos pela Audiometria por Múltiplas Respostas Evocadas de Estado Estável podem estimar os limiares obtidos pela Audiometria tonal limiar (padrão-ouro para avaliação auditiva) em indivíduos submetidos a ruído ocupacional para que a partir disso fosse elaborado um protocolo de Triagem ‘passa-falha’ para que no futuro próximo, após aperfeiçoamentos do modelo, o mesmo pudesse vir a ser utilizado na clínica audiológica ocupacional como uma ferramenta objetiva de contribuição para o fechamento de diagnósticos.

É importante ressaltar que não há estudos na literatura com as frequências de 3 e 6kHz para serem comparados aos nossos resultados.

6.1 - Limiares obtidos para os controles normais

Foram obtidos em 35 orelhas (87,5%) dos indivíduos com audição normal seus limiares fisiológicos, para todas as frequências testadas, no máximo a 30 dB NA. Na literatura é possível verificar resultados semelhantes que estão descritos abaixo.

No estudo de FERRAZ, FREITAS E MARCHIORI (2002), é possível verificar a presença de limiares em torno de 20 a 40 dB NA em todos os indivíduos estudados e em pelo menos seis das oito frequências pesquisadas entre 0,5 a 4 kHz testando as duas orelhas ao mesmo tempo. O estudo de LINS et al (1996) também mostra valores para os limiares fisiológicos entre 11 e 14 dB acima dos limiares comportamentais nas mesmas frequências.

6.2.1 - Diferenças entre os limiares auditivos fisiológicos e comportamentais nas perdas auditivas – dados comparativos com a literatura recente (Média e Desvio-Padrão por frequência)

Os limiares auditivos fisiológicos foram semelhantes aos comportamentais com diferenças que variaram de 10 a 15 dB NPS até a frequência de 2kHz e, a partir desta, a diferença foi diminuindo para 3 e 4kHz, chegando a zerar em 6kHz. Este resultado é semelhante ao encontrado na literatura em que mostram diferenças maiores para as frequências graves, onde não há perda auditiva, e menores para as agudas, onde existem as perdas, ou seja, as perdas auditivas afetam essa diferença de limiares entre os dois tipos de avaliação (MARTÍNEZ-BENEITO ET AL, 2002, RUEY-FEN HSU e colaboradores, 2011; PICTON e colaboradores, 2005; PEREZ-ABALO, 2001; RANCE e colaboradores;1995, LINS e colaboradores, 1996).

O presente estudo mostrou diferenças para 0,5 kHz de 8 ± 9 , para 1,0 kHz de 12 ± 10 , para 2,0 de 9 ± 10 , para 3kHz de 4 ± 8 , para 4,0kHz de 1 ± 8 e para 6kHz de 0 ± 6 . Foi realizada comparação entre estudos semelhantes com PAIRO ou com Perda auditiva sensorineural em adultos. Não sendo possível comparar as frequências de 3 e 6kHz, pois nenhum outro estudo realizou testagens nestas frequências. Como podemos observar na Tabela 16.

Tabela 16 - Diferenças entre média e desvio-padrão dos limiares fisiológicos e comportamentais obtidos por vários estudos

Comparações	0,5 kHz Diferença /dp	1 kHz Diferença /dp	2 kHz Diferença /dp	3 kHz Diferença /dp	4 kHz Diferença /dp	6 kHz Diferença /dp
Presente estudo	8 ± 9	12 ± 10	9 ± 10	4 ± 8	1 ± 8	0 ± 6
Picton et al (2002)	13 ± 11	5 ± 8	5 ± 9	-	8 ± 11	-
Herdman e Stapells (2003)	14 ± 13	8 ± 9	10 ± 10	-	3 ± 10	-
Swanepoel, Hugo e Roode (2004)	6 ± 8	4 ± 8	4 ± 12	-	4 ± 12	-
Vander Werff & Brow (2005),	18 ± 10	12 ± 8	9 ± 7	-	8 ± 7	-
Ruey-Fen Hsu et al (2011)	20 ± 8	16 ± 9	12 ± 9	-	11 ± 12	-

Foi observado que nas perdas auditivas sensorioneurais, que é o caso dos portadores de PAIRO, a diferença entre os limiares comportamentais e fisiológicos são menores tendendo a se igualar, isto pode ser explicado pelo fenômeno de recrutamento que consiste em uma sensação de incômodo para sons de alta intensidade, pois para o recrutante a percepção do volume do som cresce de modo mais rápido que o habitual à medida que a intensidade aumenta. Uma orelha com padrão normal para audição tem seus limiares que se estendem da mínima audibilidade até um limiar máximo denominado de limiar de desconforto, essa faixa chama-se área dinâmica da audição. Logo, para os recrutantes essa faixa é menor porque têm o limiar de desconforto menor e, muitas vezes, o limiar auditivo maior, o que reduz sensivelmente seu campo dinâmico de audição.

6.3 - Modelo de Regressão Linear

6.3.1 - Correlação dos limiares auditivos comportamentais e fisiológicos

Obtivemos no presente estudo coeficientes de correlação (r^2) de 0,30; 0,15; 0,18; 0,57; 0,51 e 0,68 para as frequências de 0,5; 1, 2; 3; 4 e 6 kHz, respectivamente, ou seja, aumentam a correlação com o aumento da frequência. Na literatura verificamos a presença dos valores dos coeficientes de determinação (r) em torno de 0,7 para a frequência de 0,5 kHz e 0,8 para 1, 2 e 4 kHz (PICTON ET AL , 2002; HERDMAN E STAPELLS, 2003; VANDER WERFF & BROW, 2005).

No estudo de LINS (2002) para portadores de perdas auditivas, os limiares fisiológicos predisseram os limiares comportamentais com coeficientes de correlação entre 0,70 e 0,91.

Foram encontrados três artigos com a população de PAIRO pela utilização das respostas auditivas de estado estável. Para os autores RUEY-FEN HSU (2011) foram achadas correlações entre 0,77 a 0,99. No estudo de HSU, WU E LIU (2003) foram obtidos valores para o coeficiente de correlação de 0,86; 0,92; 0,94 e 0,95 respectivamente para 0,5; 1, 2 e 4 kHz e no estudo de HSU et al (2010) descrevem valores entre 0,77 e 0,94 para os coeficientes de correlação.

No presente estudo, a pior correlação foi para a frequência de 1kHz e a melhor correlação foi para a frequência de 6kHz o que não corrobora com o estudo de SWANEPOEL, HUGO E ROODE (2004) em que obtiveram, exceto a 0,5 kHz, valores para o coeficiente de correlação de Pearson entre 0,58 e 0,74 entre as frequências avaliadas, com melhor correlação a 1 kHz e piores em 0,5 kHz entre as respostas fisiológicas e os limiares comportamentais.

Outro fato que merece discussão é o de que para alguns sujeitos os limiares fisiológicos foram menores do que os comportamentais (Ver Gráficos de Bland-Altman, valores negativos para alguns indivíduos em todas as frequências testadas), apesar de não ser muito visto na literatura este comportamento, este fato pode ser

explicado por alguns indivíduos quererem, por algum motivo particular, exagerar sua perda auditiva ao realizar o teste subjetivamente por meio da Audiometria Tonal Limiar, mesmo em situação de pesquisa, pois para os participantes, eles estão sendo testados da mesma forma de que se estivessem num ambulatório realizando exames periódicos.

6.4 – Triagem Auditiva Fisiológica- Modelo de Regressão Logística

Foi estabelecido um critério para o ponto de corte de 30 dB NA, ou seja, até 30 dB NA o sujeito era considerado normal para PAIRO, já que realizamos a Audiometria Tonal a passos de 10 dB (método descendente para obtenção dos limiares comportamentais) mais o fator de correção da Norma ISO para conversão de dB NA para dB NPS. Logo, foi encontrado os seguintes valores como critério ‘passa-falha’ para os normais de 40, 37, 40, 37, 38 e 40 dB NPS respectivamente para 0,5; 1,0; 2,0; 3,0; 4,0 e 6,0 kHz, ou seja, em torno de até 40NPS como critério de normalidade auditiva para todas as frequências testadas. Para os sujeitos portadores de PAIRO foi estabelecido o critério de 50 dB NPS, ou seja, a partir de 50 dB NPS o indivíduo era considerado portador de PAIRO. Esses achados corroboram com os da literatura que referem limiares normais eletrofisiológicos maiores (entre 10 a 20 dB em média) que os limiares tonais (HATZOPOULOS e colaboradores, 2009; OZDECK e colaboradores, 2009; RODRIGUES, LEWIS, 2010 QIAN e colaboradores, 2010).

Foi usada a tabela de contingência e um modelo de Regressão Logística foi criado para estudar a medida da associação estatística através do Odds Ratio. A sensibilidade, a especificidade, o valor preditivo positivo e o valor preditivo negativo dos testes foram também verificados. Foi, possível, portanto, verificar através dos resultados desta regressão logística, o Odds Ratio que mostrou, para a frequência de 6 kHz, que há 22

vezes maior chance de ser encontrada a PAIRO, quando ela existir, do que considerar o sujeito como normal. E o Kappa mostrou-se maior para a frequência de 6 kHz e menor quanto mais baixa fosse a frequência, ou seja, de 0,5 kHz. Apresentou sensibilidade de 90% e especificidade de 80%, sendo considerado um bom modelo estatístico.

6.5 - Duração da Testagem Fisiológica

Pode ser observado que tanto para testagem de sujeitos normais quanto para portadores de perda auditiva o tempo de testagem durou em torno de uma hora, o que é considerado, para uma avaliação eletrofisiológica, um tempo bastante curto se comparado a outros Potenciais Evocados Auditivos como por exemplo, o ABR, além de poder testar oito frequências objetivamente, sendo quatro em cada orelha, simultaneamente, podendo com isto obter um audiograma, portanto pode ser considerado um teste bastante vantajoso.

Para a testagem da triagem passa-falha em uma intensidade, de 50 dB NPS, foi verificado um tempo de 2 minutos e 5 segundos com limite superior (limite de confiança a 95%) de 3 minutos e 57 segundos, mostrando também um tempo bastante curto, logo vantajoso.

Portanto, foram confirmadas também as principais vantagens sobre os outros métodos de avaliação auditiva eletrofisiológica: a objetividade da análise dos registros, a seletividade de frequência das respostas dos potenciais evocados auditivos de estado estável e a menor tempo de registro, fazendo supor que, em breve, esta técnica assumirá um papel de destaque na audiometria objetiva.

7 - CONCLUSÕES

- Foi possível prever os limiares comportamentais a partir dos limiares fisiológicos obtidos pelas respostas evocadas auditivas de estado estável (técnica MASTER) tanto nos indivíduos normais quanto nos indivíduos com PAIRO.
- As diferenças entre os limiares comportamentais e fisiológicos puderam ser registradas de 10 a 15 dB nos controles normais e nos portadores de PAIRO até a frequência de 2kHz e após esta frequência vai diminuindo para 3 e 4kHz, chegando a ser zero na frequência de 6kHz.
- A triagem passa-falha com utilização desta técnica pode ser considerada como um bom modelo estatístico, entretanto se faz necessário o aperfeiçoamento do modelo apresentado.
- O tempo de duração da testagem fisiológica completa foi de 61 minutos e 32 segundos em média para uma avaliação completa fisiológica para as duas orelhas simultaneamente e para triagem foi de 2 minutos e 5 segundos na intensidade de 50dB NPS (passa-falha).

8 - CONSIDERAÇÕES FINAIS

Dentre os procedimentos disponíveis para a avaliação audiológica ocupacional, a Audiometria de múltiplas respostas de estado estável é um procedimento eletrofisiológico que vem despertando cada vez mais o interesse da comunidade científica em virtude das vantagens que esta pode trazer na avaliação audiológica, dentre as quais a previsão dos limiares psicoacústicos em indivíduos que podem estar simulando uma perda auditiva ao responder aos métodos subjetivos obtendo-se assim, resultados poucos precisos.

Por se tratar, contudo, de um procedimento relativamente recente, espera-se que este trabalho possa não somente mostrar a relação existente entre limiares auditivos definidos por meio da Audiometria Tonal Limiar e das Respostas Evocadas Auditivas de Estado Estável, como também contribuir, num futuro bem próximo, com a implementação desta nova técnica nos protocolos de programa de saúde auditiva ocupacional, promovendo um rápido e preciso diagnóstico audiológico.

9 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BASSETO, M.C et al. *Neonatologia: Um Convite à Atuação Fonoaudiológica*. 3ª ed. São Paulo: Lovise, 1998. p. 289-93.

BLAND, J.M., ALTMAN, D.G. Measuring agreement in method comparison studies. *Stat Methods Med Res*, 1999. 8:135-160.

BLAND, J.M., ALTMAN, D.G. Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement, *Lancet*, 1986 i:307-310.

BRASIL. Norma regulamentadora (NR7). Programa de Controle Médico de Saúde Ocupacional - Portaria no 24, de 29/12/94 *Diário Oficial da União* (DOU, de 30/12/94).

BRASIL.Ministério do Trabalho. *Comitê Nacional de Ruído e Conservação Auditiva*.Perda Auditiva Induzida por Ruído Relacionada ao Trabalho.São Paulo, 29/06/94 (Boletim n.1).

CALIL, DB. LEWIS, DR, FIORINI, AC. Achados dos potenciais evocados auditivos de estado estável em crianças ouvintes. *Distúrbios da Comunicação*. São Paulo, v.18, n.3, 2006.pp.391-401.

CHAMBERS R.D, FETH L.L, BURNS E.M. The relation between the human frequency-following response and the low pitch of complex tones. *J Acoust Soc Am* v.80. 1986. pp.1673-1680.

DE ALMEIDA SIC, ALBERNAZ PLM, ZAIA PA, XAVIER OG, KARAZAWA EHI. História natural da perda auditiva ocupacional provocada por ruído. *Rev Assoc Med Brás*, v.46, n.2. 2000. pp.143-58.

DE SOUSA, L. C. A.; RODRIGUES, L. S, PIZA, M. R. T, FERREIRA, D. R., RUIZ, D. B. Achado ocasional de doenças neurológicas durante a pesquisa da surdez infantil através do BERA. *Revista Brasileira de Otorrinolaringologia*, 2007, vol.73, n. 3, ISSN 0034-7299.

DUARTE, JL, ALVARENGA, KF, GARCIA TM, COSTA FILHO, AO, LINS OG. Pró-Fono Revista de Atualização Científica. Vol.20, n.2, 2008.pp.105-110.

FERRAZ OB, FREITAS SV, MARCHIORI LLM. Análise das respostas obtidas por potenciais evocados auditivos de estado estável em indivíduos normais. *Rev. Bras. Otorrinolaringol.*, São Paulo, v.68, n.4. 2002.pp. 480-486.

FIGUEIREDO MS. *Conhecimentos essenciais para entender bem Emissões Otoacústicas e Bera*. 1ª ed. São José dos Campos: Pulso; 2003.

FROTA S. *Fundamentos em Audiologia*. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan,1998.

HATZOPOULOS S, CIORBA A, PETRUCCELLI J, GRASSO D, SLIWA L, KOCHANEL K et al. Estimation of pure-tone thresholds in adults using extrapolated distortion product otoacoustic emission input/output-functions and auditory steady-state responses. *Int. J Audiol*, v.48, n.9. 2009. pp.625-31.

HERDMAN AT, STAPPELLS DK. Auditory steady-state response threshold of adults with sensorineural hearing impairments. *Int J Audiol*, v.42, n.5. 2003.pp.237-48.

HERDMAN AT, STAPPELLS DK. Thresholds determined using the monotic and dichotic multiple auditory steady-state response technique in normal hearing subjects. *Scand Audiol*, v.30, n.1. 2001.pp. 41-9.

HSU RF, HO CK, LU SN, CHEN SS. Predicting hearing thresholds and occupational hearing loss with multiple-frequency auditory steady-state responses. *J Otolaryngol Head Neck Surg*, v.39, n.5. 2010. pp.504-510.

HSU WC, Wu HP, LIU TC. Objective assessment of auditory thresholds in noise-induced hearing loss using steady-state evoked potentials. *Clin Otolaryngol Allied Sci*, v.28, n.3. 2003.pp.195-198.

HUNGRIA H. *Otorrinolaringologia*. 8ª ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2000.

JOHN, MS; DIMITRIJEVIC, A; PICTON, TA. Auditory steady-state responses to exponential modulation envelopes. *Ear Hear*.v.23, n.2, 2002.pp.106-117.

JOHN, MS et al. Recording, auditory steady-state response in young infants.*Ear Hear*. v.25, n.6.2004.pp.539-553.

JONH, MS; PURCELL, DW. Introduction to technical principles of auditory steady-state response testing. In: RANCE, G. Auditory steady-state evoked response. San Diego: plural publishing, 2008. pp.11-53.

LINS, OG et al. Frequency-specific audiometry using steady-state responses. *Ear Hear*, v.17, n.2. 1996.pp.81-96.

LINS, OG, PICTON, PE, PICTON TW. Auditory steady-state responses to tones amplitude-modulate at 80-110 Hz. *J. Acoust.Soc.Am*,v.97, n. 5. 1995.pp.3051-3063.

LINS, OG. Audiometria Fisiológica Tonal utilizando Respostas de Estado Estável Auditivas de Tronco Cerebral [Tese]. São Paulo: Universidade Federal de São Paulo; 2002.

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

MARTÍNEZ-BENEITO P; MORANT VENTURA A; PITARCH RIBAS M I; GARCÍA CALLEJO F J; MARCO ALGARRA J. Steady state multi-frequency auditory evoked potentials as a technique to determine hearing threshold. *Acta otorrinolaringológica española*, v.53, n.10, 2002.pp.707-17.

MINISTÉRIO DO TRABALHO. Portaria SSSTB n.19, de 09/04/98.Estabelece diretrizes e parâmetros mínimos para avaliação e acompanhamento da audição em trabalhadores expostos a níveis de pressão sonora elevados.*Diário Oficial da União-DOU*, São Paulo, 22 abr 1998.

MOLLER AR, JANNETTA PJ. Auditory evoked potentials recorded intracranially from the brain stem in man. *Exp Neurol*, v.78, n.1. 1982.pp.144-57.

MOTTA, V.T. *Bioestatística*.Caixas do Sul: Educes, 2006.2 ed.107-119.

MUNHOZ, M.S.L, CAOVILO, H.H, SILVA, M.L.G, GANANÇA, M.M. *Audiologia Clínica (série otoneurológica)*. São Paulo: Editora Atheneu, 2003.

NETER J, KUTNER MH, NACHTSHEIM CJ, WASSERMAN W. *Applied Linear Statistical Models* (4 th ed.) New York, WCB/ Mc Graw-Hill, 1996.

NUDELMANN AA, COSTA EA, SELIGMAN J, IBAGÑEZ RN. *PAIR: perda auditiva induzida pelo ruído*. Rio de Janeiro: Revinter; 2001. v. 2, cap. 1, p. 1-16.

NUDELMANN,A.A.*PAIR-Perda Auditiva Induzida pelo Ruído*. Porto Alegre.Baggagem Comunicação, v.1, 1997.

OZDECK A, KARACAY M, SAYLAM G, TATAR E, AYGENER N, KORKMAZ MH. Comparison of pure tone audiometry and auditory steady-state responses in subjects with normal hearing and hearing loss. *Eur Arch Otorhinolaryngol*.2009 Jun 18.[Epub ahead of print].

PEREIRA, M.G. *Epidemiologia: Teoria e Prática*. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1995. cap.13, p.289-306.

PEREZ-ABALO MC, SÁVIO G, TORRES A, MARTIM V, RODRIGUES, E, GALAN L. Steady state responses to multiple amplitude-modulated tones: an optimized method to test frequency-specific thresholds in hearing – impaired children and normal-hearing subjects. *Ear Hear*, v.22, n.3. 2001.pp.200-11.

PIALARISSI PR, GATTAZ G. Emissões otoacústicas: conceitos básicos e aplicações clínicas. *Rev Arquivos da Fundação Otorrinolaringologia*, v.1, n.2.1997. pp. 13-6.

PICTON TW, DIMITRIJEVIC A, JOHN MS. Multiple auditory steady-state responses. *An Otol Rhinol Laryngol Suppl* 2002; 189:16-21.

PICTON TW, SKINNER CR, CHAMPAGNE SC, KELLET AJC, MAISTE AC. Potentials evoked by the sinusoidal modulation of the amplitude or frequency of a tone. *J Acoust Soc Am*, v.82. 1987. pp.165-178.

PICTON, TW, DIMITRIJEVIC A, PEREZ-ABALO MC, VAN ROON P. Estimating audiometric thresholds using auditory steady-state responses. *J Am Acad Audiol*, v.16, n.3.2005.pp.140-56.

PICTON, TW. VAN ROON P, JOHN, MS. Human auditory steady-state responses during sweeps of intensity. *Ear Hear*.v.28. 2007.pp.542-557.

PICTON, TW. VAN ROON P, JOHN, MS. Multiple auditory steady state responses (80-101 Hz): effects of ear, gender, handedness, intensity and modulation rate. *Ear Hear.* v.30, n.12009.pp.100-109.

PRATT H, BLEICH N, FEINGOLD K. Three-channel Lissajous trajectories of auditory brainstem evoked potentials: Contribution of fast and slow components to planar segment formation. *Hear Res* 1990;43; pp. 159-170.

QIAN L, YI W, XINGQI L, YINSHENG C, WENYING N, LILI X, YINGHUI L. Development of tone-pip auditory brainstem responses and auditory steady-state responses in infants aged 0-6 months. *Acta Otolaryngol.* 2010 Jan 21.[Epub ahead of print].

RANCE G, RICKARDS FW, COHEN LT, DE VIDDI S, CLARK GM. The automated prediction of hearing threshold in sleeping subjects using auditory steady-state evoked potentials. *Ear Hear*, v.16, n.5.1995. pp. 499-507.

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

RANCE G, TOMLIN D. Maturation of auditory steady-state responses in normal babies. *Ear and Hear.* v.27, n.q1, 2006, pp.20-29.

RANCE G. Auditory steady-state evoked response in neonatos and infants. In: RANCE G. Auditory steady-state evoked response. San Diego: plural publishing, 2008, pp.161-184.

REGAN D. *Human Brain Electrophysiology: Evoked Potentials and Evoked Magnetic Fields in Science and Medicine.* Amsterdam: Elsevier; 1989.

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

RICKARDS FW, TAN LE, COHEN LT, WILSON OJ, DREW JH, CLARK GM. Auditory steady-state evoked potentials in newborns. *Br J Audiol* 1994;28; 327-337.

RODRIGUES GR, LEWIS DR. Threshold prediction in children with sensorineural hearing loss using the auditory steady-state responses and tone-evoked auditory brain stem response. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol*, v.74, n.5. 2010. pp.540-6.

RUEY-FEN HSU, SGUN-SHENG CHEN, SHENG-NAN LU, CHI-KUNG HO E HSIU-FEN LIN. Dichotic multiple-frequency auditory steady-state responses in evaluating the hearing thresholds of occupational noise-exposed workers. *Kaohsiung Journal of Medical Sciences*, v.27, n.8. 2011. pp.330-335.

SILVA, A.A., DA COSTA, E.A. Avaliação da surdez ocupacional. *Rev Ass Med Brasil*, v.44, n.1.1998.pp. 65-8.

SOUZA, L.C.A., PIZA, M.R.T, ALVARENGA, K.F., COSER, P.L. *Eletrofisiologia da audição e emissões otoacústicas: princípios e aplicações clínicas*. São Paulo:Tecmedd, 2008.

STROEBEL D, S.WANEPOEL D, GROENEWALD, E. Aided auditory steady-state responses in infants. *In J Audiol*, v.46, n.6, 2007. pp. 287-292.

SWANEPOEL D, HUGO R, ROODE R. Auditory Steady-State response for children with severe to profound hearing loss. *Arch Otolaryngol Head Neck Surg*. 2004;130:531-35.

SUZUKI T, KOBAYASHI K, TAGAKI N. Effects of stimulus repetition rate on slow and fast components of auditory brain-stem responses. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol* 1986;65:pp.150-156.

VALETE, CM, LIMA, MAMT. Audiometria de Tronco Encefálico com Tone Pip: Uma Estimativa de Limiar Auditivo Eletrofisiológico em 1000 Hz. *Rev. Bras. Otorrinolaringol*, v.66, n.3.2000.pp.233-240.

VANDER WERFF KR, BROW CJ. Effect of audiometry configuration on threshold and auditory steady-state responses. *Ear Hear*, v.26, n.3. 2005 pp.310-26.

WEI WWS. Estimaion of the Espectrum. In: *Time Series Analysis: Univariate And Multivariate methods*. Redwood City:Addison-Wesley; 1990.p.256-287.

ZUREK PM. Detectability of transient and sinusoidal otoacoustic emissions. *Ear Hear*, 1992: 13;307-31.

ANEXOS

ANEXO A – Parecer do Comitê de Ética em Pesquisa



SERVICÓ PÚBLICO FEDERAL
UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
Comitê de Ética em Pesquisa

Of. N.º 058/2010 - CEP/CCS

Recife, 23 de março de 2010

Registro do SISNEP PR – 245766
CAAE – 0057 0.172.050-06
Registro CEP/CCS/UFPE N.º 058/10
Título: "Estudo do Potencial Evocado Auditivo de Estado Estável em adultos."

Pesquisador Responsável: Otávio Gomes Lins

Senhor Pesquisador:

Informamos que o Comitê de Ética em Pesquisa Envolvendo Seres Humanos do Centro de Ciências da Saúde da Universidade Federal de Pernambuco (CEP/CCS/UFPE) registrou e analisou, de acordo com a Resolução N.º 196/96 do Conselho Nacional de Saúde, o protocolo de pesquisa em epigrafe, liberando-o para início da coleta de dados em 23 de março de 2010.

Resaltamos que a aprovação definitiva do projeto será dada após a entrega do relatório final, conforme as seguintes orientações:

- a) Projetos com no máximo 06 (seis) meses para conclusão: o pesquisador deverá enviar apenas um relatório final;
- b) Projetos com períodos maiores de 06 (seis) meses: o pesquisador deverá enviar relatórios semestrais.

Dessa forma, o ofício de aprovação somente será entregue após a análise do relatório final.

Atenciosamente,


Prof. Beraldo Bosco Lins Neto
Coordenador do CEP/CCS / UFPE

Ao
Dr. Otávio Gomes Lins
Departamento de Neuropsiquiatria e Ciências do Comportamento – CCS/UFPE

ANEXO B

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

I. Dados de identificação do sujeito da pesquisa.

Nome: _____
Sexo: _____ Data de nascimento: _____ Telefone _____
Endereço: _____

II. Dados da Pesquisa científica.

Título da pesquisa: Audiometria por Múltiplas Respostas Evocadas de Estado Estável em Indivíduos Submetidos a Ruído Ocupacional.

Pesquisadora: Fabiana dos Santos Lira. **Orientador:** Dr. Otávio Gomes Lins.

Fonoaudióloga Especialista em Audiologia / Mestre em Nutrição: Área de concentração – Saúde Pública. Endereço: Rua Ourém, 303, apto 603, Bl.1. San Martin. Recife-PE telefone: 30373970.

Avaliação do risco da pesquisa: até o momento não foi descrito na literatura desconforto oferecido aos participantes deste tipo de pesquisa, salvo a possibilidade de existir um desconforto mínimo causado pela apresentação dos sons aos ouvidos e pela colocação dos eletrodos na superfície da pele do participante.

III. Registro das explicações do pesquisador ao indivíduo:

Justificativa e objetivo da pesquisa:

Este estudo visa verificar como os limiares obtidos por PEAEÉ podem estimar os limiares obtidos pela Audiometria tonal limiar em indivíduos submetidos a ruído ocupacional. Esta proposta é de interesse para a comunidade científica, pois possibilita um maior conhecimento sobre a efetividade dos procedimentos de diagnóstico audiológico, podendo ocasionar um re-direcionamento dos programas de saúde auditiva.

IV. Esclarecimento oferecido pelo pesquisador sobre garantias do sujeito da pesquisa:

O participante terá:

1. Acesso a qualquer tempo, às informações sobre os procedimentos, riscos e benefícios relacionados à pesquisa, com o intuito de esclarecer qualquer dúvida.
2. Liberdade de retirar o seu consentimento a qualquer momento e de deixar de participar do estudo, sem que isso lhe traga prejuízo algum.
3. Garantido o sigilo e sua privacidade.

V. Consentimento livre e esclarecido

Declaro que, após ter sido esclarecido pelo pesquisador deste estudo e ter entendido o que me foi explicado, consinto minha participação na presente pesquisa.

_____ Nome do participante	_____ Assinatura do participante	_____ Data
_____ Nome da investigadora	_____ Assinatura da investigadora	_____ Data
_____ Nome da testemunha	_____ Assinatura da testemunha	_____ Data
_____ Nome da testemunha	_____ Assinatura da testemunha	_____ Data

ANEXO C

PROTOCOLO DE REGISTRO

Nome: _____

Idade: _____

Telefone de contato: _____

Profissão: _____

Meatoscopia: CAE sem alterações: Sim () Não ()

Resultado da Audiometria Tonal Limiar

VA 250 500 1000 2000 3000 4000 6000 8000 Hz

OD _____

OE _____

VO 500 1000 2000 3000 4000

OD _____

OE _____

Resultado da Audiometria por Múltiplas Respostas Auditivas de Estado Estável

Protocolo 1

Setting: _____

OD

NPS 500 1000 2000 4000 Hz (sweeps)

_____ dB _____

OE

NPS 500 1000 2000 4000 Hz (sweeps)

_____ dB _____

Protocolo 2

Setting: ____

OD

NPS 750 1500 3000 6000 Hz (sweeps)

____ dB	____	____	____	____
____ dB	____	____	____	____
____ dB	____	____	____	____
____ dB	____	____	____	____
____ dB	____	____	____	____

OE

NPS 750 1500 3000 6000 Hz (sweeps)

____ dB	____	____	____	____
____ dB	____	____	____	____
____ dB	____	____	____	____
____ dB	____	____	____	____
____ dB	____	____	____	____

Resultado da Audiometria Psicoacústica com estímulo do MASTER

OD

NPS 500 1000 2000 3000 4000 6000Hz

____ dB	____()	____()	____()	____()	____()	____
____ dB	____()	____()	____()	____()	____()	____
____ dB	____()	____()	____()	____()	____()	____
____ dB	____()	____()	____()	____()	____()	____
____ dB	____()	____()	____()	____()	____()	____

OE

NPS 500 1000 2000 3000 4000 6000Hz

____ dB	____()	____()	____()	____()	____()	____
____ dB	____()	____()	____()	____()	____()	____
____ dB	____()	____()	____()	____()	____()	____
____ dB	____()	____()	____()	____()	____()	____
____ dB	____()	____()	____()	____()	____()	____

ANEXO E

Padronizações para Conversões do zero audiométrico (foi utilizada a ISO)

TABELA 12.4 – Zero audiométrico para as diferentes instituições de padronização										
Frequência (kHz)	0,125	0,25	0,5	1	1,5	2	3	4	6	8
ANSI	45,0	25,5	11,5	7,0	6,5	9,0	10,0	9,5	15,5	13,0
ASA	51,8	39,5	24,1	17,2	18,0	18,0	15,6	14,3	19,5	26,8
ISO	42,8	24,5	10,1	7,2	8,0	9,5	7,1	8,3	10,0	15,3

ANSI = American National Standards Institute; ASA = American Standards Association;v ISO = International Organization for Standardization.

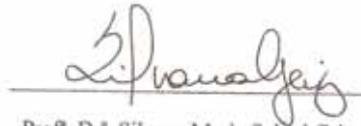
Fonte: U.S. Naval Flight Surgeon's Manual¹⁷.

APÊNDICE 1

CARTA DE ANUÊNCIA

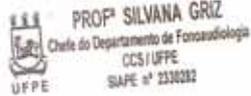
Recife, 10 de novembro de 2008

Declaro para os devidos fins, que conheço e concordo com a execução do projeto intitulado "Audiometria por Múltiplas Respostas de Estado Estável em Indivíduos Submetidos a Ruído Ocupacional" de Fabiana dos Santos Francisco, candidata a doutoranda pelo Programa de Pós-graduação em Neuropsiquiatria e Ciências do Comportamento – UFPE, e permito o seu acesso ao setor de Audiologia do Hospital das Clínicas - UFPE.



Prof. Dr. Silvana Maria Sobral Griz

Chefe do Dept. de Fonoaudiologia – UFPE



APÊNDICE 2

CARTA DE ANUÊNCIA

Recife, 10 de novembro de 2008

Declaro para os devidos fins, que conheço e concordo com o projeto intitulado "Audiometria por Múltiplas Respostas de Estado Estável em Indivíduos Submetidos a Ruído Ocupacional" de Fabiana dos Santos Francisco, candidata a doutoranda em Neuropsiquiatria e Ciências do Comportamento – UFPE sob minha orientação, e permito o seu acesso ao setor de Neurologia do Hospital das Clínicas – UFPE.



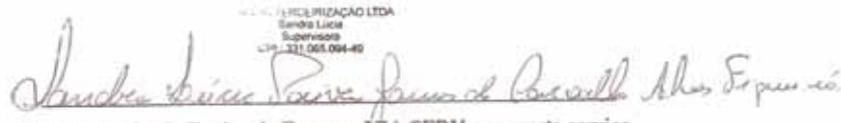
Dr. Otávio Gomes Lins
Neurofisiologia Clínica
CRM 12080

Prof. Dr. Otávio Gomes Lins

Responsável pelo Serviço de Neurofisiologia do
Setor de Neurologia do Hospital das Clínicas-UFPE

Recife, 22 de agosto de 2011

Declaro, para os devidos fins, que conheço a Pesquisa intitulada "Audiometria por Múltiplas Respostas Auditivas de Estado Estável em Indivíduos Submetidos a Ruído Ocupacional" da doutoranda do Programa de Pós-graduação em Neuropsiquiatria e Ciência do Comportamento (Área: Neurociência) – UFPE, estudo este que faz parte de uma pesquisa maior intitulada "Estudo do Potencial Evocado Auditivo de Estado Estável em Adultos" da autoria de seu orientador e pesquisador responsável, o Prof^o Dr.^o Otávio Gomes Lins, onde encontra-se registrado no Comitê de Ética e Pesquisa em UFPE com o número N^o 059/09, sendo liberado para coleta de dados em 23 de março de 2010, e permito o seu acesso aos trabalhadores, expostos a ruído, da Empresa VIA SERV – prestadora de serviço do Hospital das Clínicas da UFPE – para realização dos exames audiométricos -eletrofisiológicos e psicoacústicos - que fazem parte da coleta de dados da referida pesquisa.

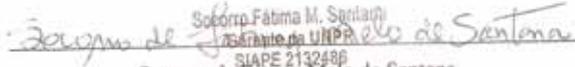

 Sandra Lúcia
 Supervisora
 L19 - 321.061.094-40
 Responsável pela Equipe da Empresa VIA SERV que presta serviço
 ao Hospital das Clínicas da Universidade Federal de Pernambuco

APÊNDICE 4

CARTA DE ANUÊNCIA

Recife, 18 de julho de 2011

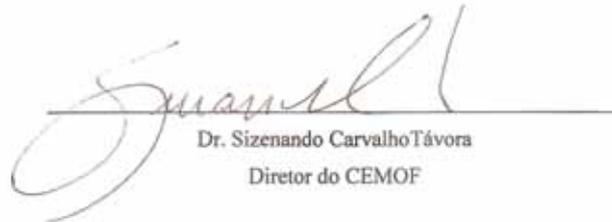
Declaro, para os devidos fins, que conheço a Pesquisa intitulada "Audiometria por Múltiplas Respostas Auditivas de Estado Estável em Indivíduos Submetidos a Ruído Ocupacional" da doutoranda do Programa de Pós-graduação em Neuropsiquiatria e Ciência do Comportamento (Área: Neurociência) – UFPE, estudo este que faz parte de uma pesquisa maior intitulada "Estudo do Potencial Evocado Auditivo de Estado Estável em Adultos" da autoria de seu orientador e pesquisador responsável, o Prof^o Dr^o. Otávio Gomes Lins, onde encontra-se registrado no Comitê de Ética e Pesquisa em Seres Humanos da Universidade Federal de Pernambuco com o número N^o 059/09, sendo liberado para coleta de dados em 23 de março de 2010, e permito o seu acesso aos trabalhadores da lavanderia do Hospital das Clínicas para realização dos exames audiométricos -eletrofisiológicos e psicoacústicos - que fazem parte da coleta de dados da referida pesquisa.


Socorro de Fátima Melo de Santana
Secretária da UNPP
SIAPE 2132486

Diretora da Lavanderia do Hospital das Clínicas
da Universidade Federal de Pernambuco

Recife, 21 de março de 2011

Declaro, para os devidos fins, que conheço a Pesquisa intitulada "Audiometria por Múltiplas Respostas Auditivas de Estado Estável em Indivíduos Submetidos a Ruído Ocupacional" da doutoranda do Programa de Pós-graduação em Neuropsiquiatria e Ciência do Comportamento (Área: Neurociência) – UFPE, estudo este que faz parte de uma pesquisa maior intitulada "Estudo do Potencial Evocado Auditivo de Estado Estável em Adultos" da autoria de seu orientador e pesquisador responsável, o Prof^o Dr^o. Otávio Gomes Lins, onde encontra-se registrado no Comitê de Ética e Pesquisa em Seres Humanos da Universidade Federal de Pernambuco com o número N^o 059/09, sendo liberado para coleta de dados em 23 de março de 2010, e permito o seu acesso ao ambulatório de Audiologia Clínica do Centro Médico Octávio de Freitas – CEMOF para realização da coleta de dados da referida pesquisa.



Dr. Sizenando Carvalho Távora
Diretor do CEMOF

Respostas Auditivas de Estado Estável em Trabalhadores Expostos a Ruído
Ocupacional: Uma Revisão Sistemática da Literatura

MASTER em trabalhadores expostos a ruído

Fabiana dos Santos Lira ^I, Denise Costa Menezes ^{II}; Otávio Gomes Lins ^{III}

^IFonoaudióloga; Doutoranda em Neuropsiquiatria e Ciência do Comportamento pela Universidade Federal de Pernambuco-UFPE, Recife, Pernambuco, Brasil.

^{II}Fonoaudióloga; Professora Adjunta do Departamento de Fonoaudiologia da Universidade Federal de Pernambuco-UFPE, Recife, Pernambuco, Brasil; Doutora em Letras pela Universidade Federal de Pernambuco-UFPE.

^{III} Médico Neurologista, Professor adjunto do Departamento de Neuropsiquiatria e Ciência do Comportamento da Universidade Federal de Pernambuco, Recife, Pernambuco, Brasil; Doutor em Medicina (Neurologia) pela Universidade Federal de São Paulo.

Fabiana dos Santos Lira. Rua Ourém, N. 303. Apt. 603, bl1. San Martin. Recife-PE. CEP: 50761-340. Telefone/fax: 81-30373970; fafamo@ig.com.br

Área: Audiologia.

Tipo de manuscrito: Revisão Sistemática da Literatura.

RESUMO

TEMA: Respostas Evocadas Auditivas de Estado Estável (REAEE) em portadores de perda auditiva induzida por ruído (PAIR) ainda é um tema pouco visto na literatura e na clínica. As RAEE já vêm sendo amplamente estudadas para predizer limiares eletrofisiológicos em crianças e pacientes com dificuldade de responder à técnica convencional, a Audiometria Tonal Limiar. No caso dos portadores de PAIR, este método além de poder vir a ser utilizado para triagem auditiva ocupacional, pode auxiliar no caso dos indivíduos que por motivos pessoais querem se beneficiar de um diagnóstico de PAIR.

OBJETIVO: obter da literatura artigos a respeito da utilização do potencial evocado auditivo de estado estável, mais precisamente sobre o uso da técnica MASTER (*Multiple Auditory Stead-State Responses*) em trabalhadores expostos a ruído ocupacional, portadores de perda auditiva induzida por ruído (PAIR).

CONCLUSÃO: Foram achados 24 artigos, desses apenas 4 passaram pelo critério de inclusão. Todos os estudos mostraram que os limiares auditivos obtidos pelas respostas de estado estável podem prever os limiares obtidos pela Audiometria Tonal Limiar, com fortes correlações estatísticas. É preciso que existam mais estudos clínicos com protocolos definidos para que as REAEE venham a ser utilizadas na rotina clínica como método de avaliação audiológica nesta população, pois os estudos envolvendo as REAEE e a PAIR ainda são escassos e pontuais. No caso desta revisão, só foram encontrados artigos Chineses.

Descritores: Estado Estável; Múltiplas Respostas Evocadas Auditivas de Estado Estável; Perda Auditiva Induzida por Ruído; Perda Auditiva Ocupacional.

ABSTRACT

BACKGROUND: Objective audiometry is useful in clinical situations where behavioral responses are either impossible or unreliable. Auditory Steady-State Responses (ASSR) is a relatively new technique that has been used for objective tonal audiometry, especially to predict electrophysiological thresholds in newborn children. The evaluation of noise-induced hearing loss may be difficult, because of doubts of that may exist on the accuracy of the behavioral responses. ASSR audiometry may be of great help in these situations. On the other hand, ASSR audiometry may be useful in the screening for hearing losses in persons submitted to environmental noises.

PURPOSE: To perform a systematic search in the literature for articles on the use of auditory steady state responses in workers exposed to occupational noise.

CONCLUSION: We found 24 articles. Of these, only 4 passed by the inclusion criteria. All studies showed that ASSR thresholds can predict fairly well behavioral thresholds. ASSR audiometry is a promising tool for assessing noise-induced hearing losses. However, there are still very few studies on this topic. In this search only Chinese studies were found. More clinical studies

with well-defined protocols are necessary before ASSR audiometry can be used in clinical routine in this population.

Keywords: Auditory Steady State; Multiple Responses Evoked Steady State; Hearing Loss Induced by Noise; Occupational Hearing Loss.

INTRODUÇÃO

O Potencial Evocado Auditivo de Estado Estável (PEAEE) é um procedimento eletrofisiológico que permite avaliar ao mesmo tempo os limiares auditivos de várias frequências em ambas as orelhas, reduzindo assim o tempo de teste, o que para a população de trabalhadores é de suma importância, levando-se em consideração que muitos realizam seus exames periódicos dentro da própria empresa em que trabalham.

Além disso, outro fator de extrema importância é o tipo de avaliação, que nesta população é atualmente realizada, de uma maneira geral, de forma subjetiva pela audiometria tonal limiar para obtenção dos limiares auditivos, ou seja, necessita que o indivíduo responda a cada estímulo sonoro do teste, referindo se está ou não ouvindo o som, e muitos destes podem querer se beneficiar de alguma forma nos casos em que o resultado indicar perda auditiva induzida por ruído (PAIR).

Logo, se faz necessária a utilização de um método objetivo complementar, ou seja, em que os trabalhadores não necessitem responder para obtenção dos limiares auditivos.

Atualmente o PEAEE vem sendo mais estudado na população infantil para prever os limiares psicoacústicos.

As respostas de estado estável são moduladas a tons contínuos, modulados em amplitude que permitem uma avaliação objetiva da audição, além de também permitir uma avaliação detalhada por poder realizar seletividade de frequências.

Foi realizada uma revisão sistemática com o objetivo de obter da literatura artigos a respeito da utilização do potencial evocado auditivo de estado estável, mais precisamente sobre o uso da técnica MASTER (*Multiple Auditory Stead-State Responses*) em trabalhadores expostos a ruído ocupacional, portadores de perda auditiva induzida por ruído (PAIR).

METODOLOGIA

A revisão foi inicialmente realizada por dois pesquisadores (FSL e ELC) que fizeram suas buscas de forma independente e cega, sendo que um terceiro pesquisador/revisor (OGL) foi consultado nos casos de discordância dos dois primeiros para o estabelecimento de um consenso entre os três.

Foi utilizado um protocolo de pesquisa para a revisão, incluindo critérios de inclusão/exclusão. Além disso, foram previamente definidos os descritores e as bases de dados a serem pesquisadas.

Protocolo:

Foi estabelecido como critério de inclusão/exclusão:

- Pesquisa com seres humanos;
- Pesquisas que utilizaram a técnica de múltiplas estimulações auditivas de estado estável (MASTER) como avaliação auditiva eletrofisiológica;
- Pesquisas que tinham como população de estudo indivíduos portadores de PAIR.
- Não houve restrição de idioma, ano de publicação e desenho de estudo.

O período de busca dos artigos foi de setembro de 2010 a novembro de 2011. Para esta pesquisa foram utilizados os descritores no idioma inglês: Múltiplas Respostas Auditivas de Estado Estável (*Auditory Steady State or Multiple responses evoked steady state*) e Perda Auditiva Induzida por Ruído (*Hearing loss induced by noise or occupational hearing loss*).

Os descritores utilizados nas buscas dos bancos de dados em meios eletrônicos e suas combinações podem ser visualizados no Quadro 1.

Quadro 1: Descritores e expressões usadas para a busca nos bancos de dados eletrônicos e suas combinações.

D1- "Auditory Steady State" or "Multiple responses evoked steady state" D2- "Hearing loss induced by noise" or "occupational hearing loss" D1 e D2- "Auditory Steady State" or "Multiple responses evoked steady state" and "Hearing loss induced by noise" or "occupational hearing loss"

No quadro 1 observamos os descritores D1 e D2, bem como suas combinações.

A busca teve como base de dados os portais PubMed (www.pubmed.com) e BIREME (www.bireme.br) para obtenção dos artigos, incluindo teses, dissertações. Sendo as bases de dados: Scielo, Lilacs, Medline, Biblioteca de teses da CAPES e a Biblioteca Cochrane. Todos os artigos estão expostos em tabelas seguindo os critérios de inclusão/exclusão.

REVISÃO DA LITERATURA E DISCUSSÃO

Os resultados encontrados através dos descritores e suas combinações em cada portal podem ser observados no quadro 2.

Quadro 2: Resultado da busca por descritores e suas combinações nos portais PubMed e BIREME.

Descritores	PubMed	BIREME
Auditory Steady State or Multiple responses evoked steady state	977	81
Hearing loss induced by noise or occupational hearing loss	6731	3274
(Auditory Steady State or Multiple responses evoked steady state) and (Hearing loss induced by noise or occupational hearing loss)	22	2

Foram obtidos inicialmente 24 artigos. Ao se comparar os bancos de dados foi observado que havia um artigo igual nos dois portais e que ambos os artigos encontrados no Portal Bireme entraram no critério de exclusão.

Com o intuito de obter apenas os artigos que atendessem ao objetivo desta revisão sistemática, foram analisados todos os artigos pelos critérios de inclusão/exclusão.

O quadro 3 mostra os artigos pesquisados no portal PubMed e as justificativas de exclusão.

Quadro 3: artigos pesquisados no portal PubMed e as justificativas de exclusão.

Título do artigo	Autores	Ano de publicação	Periódico	Justificativa de exclusão
Hazards to hearing from combined exposure to toluene and noise in rats.	Lund SP, Kristiansen GB.	2008	Int J Occup Med Environ Health	Pesquisa em animais.
Acoustic-electric interactions in the guinea pig auditory nerve: simultaneous and forward masking of the electrically evoked compound action potential.	Nourski KV, Abbas PJ, Miller CA, Robinson BK, Jeng FC.	2007	Hear Res	Pesquisa em animais.
Frequency organization of the 40-Hz auditory steady-state response in normal hearing and in	Wienbruch C, Paul I, Weisz N, Elbert T, Roberts LE.	2006	Neuroimage	Não utiliza o Potencial Auditivo de Estado Estável como método de avaliação auditiva.

tinnitus.				
Lateral wall histopathology and endocochlear potential in the noise-damaged mouse cochlea.	Hirose K, Liberman MC.	2003	J Assoc Res Otolaryngol.	Pesquisa em animais.
Investigation into the noise associated with airbag deployment: part III - sound	Banglmaier RF, Rouhana SW	2003	Annu Proc Assoc Adv Automot Med	Não utiliza o Potencial Auditivo de Estado Estável como método de avaliação auditiva
Discriminability of vowel representations in cat auditory-nerve fibers after acoustic trauma	Miller RL, Calhoun BM, Young ED	1999	J Acoust Soc Am	Pesquisa em animais
Modeling the interactions between noise exposure and other variables	Humes LE, Jesteadt W.	1991	J Acoust Soc Am	Não utiliza o Potencial Auditivo de Estado Estável como método de avaliação auditiva
Human temporary threshold shift (TTS) and damage risk	Melnick W.	1991	J Acoust Soc Am	Estudo que avalia mudança temporária de limiar provocada por ruído. Não utiliza o potencial auditivo de estado estável como avaliação auditiva
Noise-induced hearing loss in iron-deficient rats	Sun AH, Wang ZM, Xiao SZ, Li ZJ, Lin DY, Liang ZF, Hu ZY, Wang GY, Ye XT.	1991	Acta Otolaryngol	Pesquisa em animais
An acoustic head simulator for hearing protector evaluation. II: Measurements in steady-state and impulse noise environments.	Giguère C, Kunov H	1989	J Acoust Soc Am	Não utiliza o potencial auditivo de estado estável como avaliação auditiva
An acoustic head simulator for hearing protector evaluation. I: Design and construction.	Kunov H, Giguère C	1989	J Acoust Soc Am	Não utiliza o potencial auditivo de estado estável como avaliação auditiva
Signal detection in industrial noise: effects of noise exposure history, hearing loss, and the use of ear protection.	Abel SM, Kunov H, Pichora-Fuller MK, Alberti PW	1985	Scand Audiol	Não utiliza o potencial auditivo de estado estável como avaliação auditiva
Effects of impulse noise and continuous steady state noise on hearing	Mäntysalo S, Vuori J.	1984	Br J Ind Med	Não utiliza o potencial auditivo de estado estável como avaliação auditiva
Review of environmental factors affecting hearing	Mills JH, Going JA	1982	Environ Health Perspect	Não utiliza o potencial auditivo de estado estável como avaliação auditiva

The effects of noise upon human hearing sensitivity from 8000 to 20 000 Hz	Fausti SA, Erickson DA, Frey RH, Rappaport BZ, Schechter MA	1981	J Acoust Soc Am.	Não utiliza o potencial auditivo de estado estável como avaliação auditiva
Presumed noise-induced permanent threshold shift resulting from exposure to an A-weighted Leq of 89 dB.	Berger EH, Royster LH, Thomas WG.	1978	J Acoust Soc Am.	Estudo que avalia mudança temporária de limiar provocada por ruído. Não utiliza o potencial auditivo de estado estável como avaliação auditiva
Effect of combined impact and steady state noise on temporary threshold shift (TTS)	Yamamura K, Takashima H, Miyake H, Okada A.	1974	Med Lav.	Estudo que avalia mudança temporária de limiar provocada por ruído. Não utiliza o potencial auditivo de estado estável como avaliação auditiva

O quadro 4 mostra os artigos pesquisados no portal BIREME e as justificativas de exclusão.

Quadro 4: artigos pesquisados no portal BIREME e as justificativas de exclusão.

Título do artigo	Autor	Ano de publicação	Periódico	Justificativa de exclusão
Effects of impulse noise and continuous steady state noise on hearing	S Mäntysalo and J Vuori	1984	Br J Ind Med	Estudo que utiliza o ruído de estado estável como agente causador da perda auditiva, logo não utiliza o potencial auditivo de estado estável como método de avaliação auditiva.
Effect of combined impact and steady state noise on temporary threshold shift (TTS).	Yamamura K; Takashima H; Miyake H; Okada A	1974	Med Lav	Estudo que avalia mudança temporária de limiar provocada por ruído. Não utiliza o potencial auditivo de estado estável como avaliação auditiva

Dos 22 artigos encontrados pela PubMed, apenas 4 passaram pelo critério de inclusão/exclusão e encontram-se dentro do objetivo do presente estudo. São os seguintes:

“Objective assessment of auditory thresholds in noise-induced hearing loss using steady-state evoked potentials”⁷, escrito pelos autores chineses Hsu WC, Wu HP e Liu TC, publicado no ano de 2003. Teve por objetivo avaliar se o potencial evocado auditivo de estado estável (PEAEE), pode ser utilizado para a estimar objetivamente os limiares auditivos em pacientes expostos a

ruído e que possuem perda auditiva induzida por ruído (PAIR). Participaram do estudo onze indivíduos (22 orelhas) com um entalhe audiométrico característico entre 3000 e 6000 Hz. Ambos os limiares tonais e os limiares do PEAAE foram obtidos para cada orelha nas frequências estudadas. A correlação entre os limiares do PEAAE e os limiares de tom puro foi avaliada. Os resultados mostram os limiares previstos pelo PEAAE, com coeficientes de correlação (r) de 0,86, 0,92, 0,94 e 0,95 em 500, 1000, 2000 e 4000 Hz, respectivamente, podem superestimar a avaliação tonal limiar de 10-20 dB, mas refletem a configuração de um audiograma. A força da relação entre o PEAAE e do tom puro mostrou aumento dos limiares com o aumento da frequência e aumento com o grau de perda de audição. Em conclusão, os autores referem que o PEAAE pode ser usado como uma ferramenta confiável e objetiva para avaliar limiares auditivos em pacientes com perda auditiva induzida por ruído.

O outro trabalho encontrado foi **“Predicting hearing thresholds and occupational hearing loss with multiple-frequency auditory steady-state responses”**⁶, este estudo também foi escrito por autores chineses, Hsu RF, Ho CK, Lu SN, Chen SS e publicado no ano de 2010. Este estudo teve por objetivo realizar uma investigação objetiva da audição através da utilização do Potencial Evocado Auditivo de Estado Estável em portadores de Perda Auditiva Induzida por Ruído. Foram avaliados em sujeitos portadores de Perda Auditiva Sensorineural (PASN) com e sem exposição a ruído ocupacional. Foi realizado um estudo transversal, sendo utilizada a audiometria tonal e as Respostas Evocadas Auditivas de Estado Estável (REAAE). Foram registradas em 88 indivíduos, sendo que 34 pacientes tinham exposição a ruído ocupacional e perda auditiva induzida por ruído (PAIR), 36 pacientes tiveram PASN sem exposição ao ruído, e 18 voluntários foram os controles normais). Obtiveram comparações inter e intragrupos. Foi utilizada a análise de regressão linear múltipla. As respostas Evocadas Auditivas de Estado Estável e os limiares por tom puro mostraram uma forte correlação para todos os indivíduos ($r = 0,77 \approx 0,94$). As diferenças entre os REAAE e as respostas obtidas por tom puro foram significativamente maiores para o grupo PAIR do que para os indivíduos com PASN não-induzida por ruído ($p < 0,001$). Os autores concluem que a REAAE é uma ferramenta promissora para avaliar objetivamente limiares auditivos. O valor preditivo pode ser menor em indivíduos com PAIR. Independentemente das frequências portadoras, a severidade da perda auditiva afeta a resposta de estado estável. Além disso, a REAAE pode ajudar a detectar a PAIR.

O Terceiro artigo encontrado, também chinês, dos autores Ruey-Fen Hsu, Sgun-Sheng Chen, Sheng-Nan Lu, Chi-Kung Ho e Hsiu-Fen Lin, intitulado **“Dichotic multiple-frequency auditory steady-state responses in evaluating the hearing thresholds of occupational noise-exposed workers”**¹⁵, publicado em 2011, avaliou o uso dicótico das múltiplas respostas auditivas de estado estável para prever os limiares auditivos em trabalhadores expostos a níveis elevados de ruído. O estudo incluiu 34 trabalhadores com Perda Auditiva Induzida por Ruído (PAIR). Foram avaliadas quatro frequências através da Audiometria convencional que obtém os limiares por tom puro (limiares comportamentais) e por Múltiplas respostas auditivas de

estado estável (limiões fisiológicos). As diferenças e correlações entre os limiões fisiológicos e comportamentais foram determinadas. Os resultados mostraram que, em média, as curvas corresponderam bem (média entre os indivíduos). Os limiões fisiológicos foram 20 ± 8 dB, 16 ± 9 dB, $12 \text{ dB} \pm 9$, e 11 ± 12 dB acima dos limiões comportamentais para 500 Hz, 1.000 Hz, 2.000 Hz e 4.000 Hz, respectivamente. Os limiões comportamentais e fisiológicos foram significativamente correlacionados ($r \geq 0.77$ e 0.89). Foi mostrado que a medição de fisiológica fornece uma resposta, em todas as frequências, compatíveis com o audiograma convencional tonal, o que reduz a variabilidade na interpretação das respostas, por ser objetivo, e se correlaciona bem com o comportamento dos limiões auditivos em indivíduos com PAIR.

O quarto artigo, da revista chinesa *Zhonghua Lao Dong Wei Sheng Zhi Ye Bing Za Zhi*, publicado pelos autores Zhou F e Liu WW, intitulado **“Significance of transient evoked otoacoustic emissions and multi-frequency auditory steady-state in diagnosis of occupational noise-induced hearing loss”**¹⁸. 2007 Dec;25(12):739-40 encontra-se indisponível no Portal PubMed (“in process”).

O método do MASTER já vem sendo amplamente estudado para prever limiões eletrofisiológicos em crianças e pacientes com dificuldade de responder à técnica convencional de Audiometria Tonal Limiar^{2,3,4,5,9,13,14}. No caso dos portadores de PAIR, este método além de poder vir a ser utilizado para triagem auditiva ocupacional, pode ser muito importante no caso dos indivíduos que por motivos pessoais querem se beneficiar de um diagnóstico de PAIR.

A perda auditiva relacionada ao trabalho, particularmente a perda auditiva induzida por ruído ocupacional (PAIRO), de alta prevalência nos países industrializados, destaca-se como um dos agravos à saúde do trabalhador mais prevalentes nas indústrias brasileiras¹. Caracteriza-se por diminuição gradual da acuidade auditiva num período de, geralmente, seis a dez anos de exposição a elevados níveis de pressão sonora, sendo sempre sensorineural e irreversível, com início nas altas frequências audiométricas¹².

O diagnóstico de PAIRO depende da representação típica da audiometria tonal que consiste numa diminuição auditiva principalmente nas frequências de 3, 4, e 6 kHz. Entretanto, como a audiometria tonal é uma medida subjetiva de audição, há casos em que ocorre a ‘simulação’ da perda por parte dos examinados quando desejam obter algum tipo de benefício através deste diagnóstico. Logo, se faz necessária uma avaliação objetiva complementar capaz de estabelecer um diagnóstico mais preciso.

Este resultado pode ser realizado através da Audiometria por Potências Evocadas Auditivas de Tronco Encefálico - PEATE que permite a obtenção da atividade eletrofisiológica do sistema auditivo, realizando um mapeamento desde o nervo coclear, passando pelos núcleos cocleares, complexo olivar superior na ponte, lemnisco lateral até o colículo inferior no mesencéfalo¹⁶.

Os PEATE podem ser de curta, média e longa latência de resposta. A mais utilizada para diagnóstico de limiares eletrofisiológicos é a de curta latência denominado de Audiometria de Tronco Encefálico (ABR)^{5,10} porque não são afetados pelo sono, podendo ser realizada com o indivíduo dormindo⁹.

O estímulo pode ser o clique, porém não ideal para PAIR, pois este tipo de estímulo é de amplo espectro, embora a resposta seja principalmente originária de uma faixa de frequência de 2 a 4 kHz. Uma solução seria a utilização do 'tone burst' ou 'tone pip'¹⁷ onde há seletividade de frequência, porém o exame leva muito mais tempo na sua realização porque há a necessidade de pesquisar frequência por frequência. Estudo realizado em adultos com perda auditiva sensorioneural foi realizado para prever limiares eletrofisiológicos através das respostas evocadas de estado estável e como conclusão os autores referiram que é a maneira mais precisa de previsão dos limiares auditivos⁸.

As Emissões Otoacústicas - EOA podem também ser utilizadas como medida da função coclear^{5,10,11}, entretanto não é capaz de obter limiares auditivos e portanto não produz um audiograma.

Logo, a forma mais simples e objetiva de avaliar a audição de indivíduos submetidos a ruído ocupacional seria através das Respostas Evocadas Auditivas de Estado Estável (REAEE).

Estas respostas são potenciais evocados repetitivos cujos componentes de frequência se mantêm constantes ao longo do tempo. Técnicas que utilizem REAEE podem vir a preencher as necessidades de aperfeiçoamento da audiometria fisiológica. Estas respostas podem ser obtidas apresentando-se um estímulo em um ritmo suficientemente rápido de modo que a resposta a um estímulo se superponha com a resposta ao estímulo precedente.

Um estímulo constituído por um tom contínuo modulado em amplitude também evoca uma REAEE na frequência em que o tom foi modulado^{12,13}. Este tipo de estímulo apresenta características interessantes para propósitos de audiometria tonal, pois permite testar a acuidade auditiva à frequência do tom contínuo avaliando-se a resposta à frequência que o tom foi modulado, além de ser realizada a avaliação em menor tempo, pois esta avaliação permite realizar a pesquisa do limiar fisiológico nas duas orelhas ao mesmo tempo e em várias frequências, o que para este tipo de população seria ideal, pois geralmente necessitam retornar ao trabalho após o exame.

CONCLUSÃO

Para que esta nova técnica audiológica faça parte da rotina clínica para a população de trabalhadores expostos a ruído ocupacional é preciso que existam mais estudos clínicos com protocolos definidos, pois os estudos envolvendo as REAEE e a PAIR ainda são escassos e pontuais. No caso desta revisão, só foram encontrados artigos Chineses. Contudo, é possível

referir que esta técnica já é bastante conhecida para prever limiares eletrofisiológicos em outras populações, como no caso de crianças.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Almeida SIC, Albernaz PLM, Zaia PA, Xavier OG, Karazawa EHI. História natural da perda auditiva ocupacional provocada por ruído. *Rev Ass Med Brasil* 2000; 46(2): 143-58.
2. Chambers RD, Feth LL, Burns EM. The relation between the human frequency-following response and the low pitch of complex tones. *J Acoust Soc Am* 1986;80:1673-80.
3. De Sousa LCA, Rodrigues, LS, Piza MRT, Ferreira DR., Ruiz DB. Achado ocasional de doenças neurológicas durante a pesquisa da surdez infantil através do BERA. *Rev. Bras. Otorrinolaringol.*; 2007;73(3):424-28.
4. Ferraz OB; Sérgio VF; Marchiori LLM Análise das respostas obtidas por potenciais evocados auditivos de estado estável em indivíduos normais. *Rev. Bras. Otorrinolaringol.*; 2002;68(4): 480-86.
5. Figueiredo MS. Conhecimentos essenciais para entender bem Emissões Otoacústicas e Bera. 1ª ed. São José dos Campos: Pulso; 2003.
6. Hsu RF, Ho CK, Lu SN, Chen SS. Predicting hearing thresholds and occupational hearing loss with multiple-frequency auditory steady-state responses. *J Otolaryngol Head Neck Surg.* 2010 Oct;39(5):504-10.
7. Hsu WC, Wu HP, Liu TC. Objective assessment of auditory thresholds in noise-induced hearing loss using steady-state evoked potentials. *Clin Otolaryngol Allied Sci.* 2003 Jun;28(3):195-8.
8. Lin YH, Ho HC, Wu HP. Comparison of auditory steady-state responses and auditory brainstem responses in audiometric assessment of adults with sensorineural hearing loss. *Auris Nasus Larynx,* 2009 April;36(2):140-45.
9. Lins OG. Audiometria Fisiológica Tonal utilizando Respostas de Estado Estável Auditivas do Tronco Cerebral [tese]. São Paulo: Universidade Federal de São Paulo; 2002.
10. Marques FP; Costa, EA. Exposição ao ruído ocupacional: alterações no exame de emissões otoacústicas. *Rev. Bras. Otorrinolaringol.*, 2006, 72(3):362-66.
11. Munhoz MSL, Caovilla HH, Silva MLG, Ganança MM. *Audiologia Clínica.* São Paulo: Editora Atheneu, 2003 – (série otoneurológica).
12. Nudelmann AA, Costa EA, Seligman J, Ibagñez RN. PAIR: perda auditiva induzida pelo ruído. Rio de Janeiro: Revinter; 2001. v. 2.
13. Picton TW, Skinner CR, Champagne SC, Kellett AJC, Maiste AC. Potentials evoked by the sinusoidal modulation of the amplitude or frequency of a tone. *J Acoust Soc Am* 1987;82:165-178.
14. Rickards FW, Clark GM. Steady state evoked potentials to amplitude-modulated tones. In: Nodar RH, Barber C. editores. *Evoked Potentials II.* Boston: Butterworth; 1984. p.163-168.
15. Ruey-Fen Hsu, Sgun-Sheng Chen, Sheng-Nan Lu, Chi-Kung Ho e Hsiu-Fen Lin. Dichotic multiple-frequency auditory steady-state responses in evaluating the hearing thresholds of occupational noise-exposed workers. *Kaohsiung Journal of Medical Sciences,* 2011;27(8)330-335.
16. Souza LCA, Piza MRT, Alvarenga KF, Coser, PL. *Eletrofisiologia da audição e emissões otoacústicas: princípios e aplicações clínicas.* São Paulo: Tecmedd, 2008.

17. Valete, CM, Lima, MAMT. Audiometria de Tronco Encefálico com Tone Pip: Uma Estimativa do Limiar Auditivo Eletrofisiológico em 1.000 Hz. Rev. Bras. Otorrinolaringol, 2000; 66 (3):233-240.
18. Zhou F, Liu WW. Significance of transient evoked otoacoustic emissions and multi-frequency auditory steady-state in diagnosis of occupational noise-induced hearing loss. Zhonghua Lao Dong Wei Sheng Zhi Ye Bing Za Zhi, 2007; 25(12):739-40.

ARTIGO ORIGINAL 1

Audiometria por Múltiplas Respostas Evocadas de Estado Estável em Indivíduos Expostos a Ruído Ocupacional

Autores:

Lira, F.S.; Menezes, D.C.; Lins, O.G.

Detalhamento dos autores:

Fabiana dos Santos Lira. Fonoaudióloga, Doutoranda em Neuropsiquiatria e Ciência do Comportamento pela Universidade Federal de Pernambuco.

Denise Costa Menezes. Fonoaudióloga. Doutora em Letras. Professora Adjunta do Departamento de Fonoaudiologia da Universidade Federal de Pernambuco.

Otávio Gomes Lins. Médico, Doutor em Medicina (Neurologia), Professor Adjunto do Departamento de Neuropsiquiatria e Ciência do Comportamento da Universidade Federal de Pernambuco.

Endereço para correspondência:

Rua Ourém, N. 303. Apt. 603, bl1. San Martin. Recife-PE.CEP: 50761-340.

Endereço eletrônico:

fafamo@ig.com.br

RESUMO

Introdução: As Respostas Evocadas Auditivas de Estado Estável já vêm sendo amplamente estudadas para prever limiares eletrofisiológicos em crianças e pacientes com dificuldade de responder à técnica convencional de Audiometria Tonal Limiar. No caso dos portadores de Perda auditiva induzida por ruído ocupacional, este método além de poder vir a ser utilizado para triagem auditiva ocupacional, pode auxiliar no caso dos indivíduos que por motivos pessoais querem se beneficiar de um diagnóstico de Perda auditiva induzida por ruído ocupacional. **Objetivo:** avaliar os limiares eletrofisiológicos em indivíduos expostos a ruído ocupacional através da Audiometria por Múltiplas Respostas Evocadas de Estado Estável e compará-los à Audiometria Tonal e verificar a duração do tempo da avaliação fisiológica. **Método:** Os procedimentos foram realizados em duas etapas: inicialmente foi realizada a Audiometria por Múltiplas Respostas Evocadas de Estado Estável com 20 indivíduos com limiares auditivos dentro de padrão de normalidade obtidos pela audiometria tonal limiar, sendo testados através do protocolo 1 (500; 1000; 2000 e 4000 Hz) e pelo protocolo 2 (750, 1500, 3000 e 6000 Hz). Em seguida, fizeram parte da pesquisa outros 20 indivíduos com confirmação prévia de Perda auditiva induzida por ruído ocupacional com a utilização dos dois protocolos. O desenho do estudo foi transversal, descritivo e de validação de procedimento de diagnóstico. Para a análise automática das respostas evocadas de estado estável foi utilizado o *Fast Fourier Transform* e para as comparações a análise de variância (Anova). O nível de significância utilizado nas decisões estatísticas foi de 5%. No segundo experimento foi utilizada a regressão linear para permitir a quantificação do efeito de um exame em relação ao outro e o método proposto por Bland e Altman foi utilizado para estudar a concordância entre os dois métodos de exames. **Resultados:** As diferenças entre os limiares comportamentais e fisiológicos puderam ser registradas de 10 a 15 dB nos controles normais e no grupo com perda auditiva até a frequência de 2kHz e após esta frequência, a diferença vai diminuindo para 3 e 4kHz, chegando a ser zero na frequência de 6kHz. Para os portadores de perda auditiva ocupacional as diferenças são menores. A duração da testagem fisiológica foi 61 minutos e 32 segundos. **Conclusões:** Foi possível prever os limiares comportamentais a partir dos limiares fisiológicos obtidos pelo MASTER tanto nos indivíduos normais quanto nos indivíduos com Perda auditiva induzida por ruído ocupacional.

Palavras-chave: Potencial Evocado Auditivo de Estado Estável, Respostas Evocadas Auditivas de Estado Estável, Perda Auditiva Induzida por Ruído.

INTRODUÇÃO

A perda auditiva relacionada ao trabalho, particularmente a perda auditiva induzida por ruído ocupacional (PAIRO), de alta prevalência nos países industrializados, destaca-se como um dos agravos à saúde do trabalhador mais prevalentes nas indústrias brasileiras (Almeida, Albernaz, Zaia, Xavier, Karazawa, 2000). Caracteriza-se por diminuição gradual da acuidade auditiva num período de, geralmente, seis a dez anos de exposição a elevados níveis de pressão sonora, sendo sempre neurossensorial e irreversível, com início nas altas frequências audiométricas (Nudelmann, Costa, Seligman, Ibagñez, 2001).

O diagnóstico de PAIRO depende da representação típica da audiometria tonal que consiste numa diminuição auditiva principalmente nas frequências de 3, 4, e 6 kHz e, com o agravamento da lesão, estendendo-se nas frequências de 8; 2; 1; 0,5 e 0,25 kHz as quais levam mais tempo para serem comprometidas (Portaria SSSTB do Ministério do Trabalho N.19 de 09/04/98). Entretanto, como a audiometria tonal é uma medida subjetiva de audição, há casos em que ocorre a ‘simulação’ da perda por parte dos examinados quando desejam obter algum tipo de benefício através deste diagnóstico. Logo, se faz necessária uma avaliação objetiva complementar capaz de estabelecer o diagnóstico correto e sem dúvidas.

Este resultado pode ser realizado através da Audiometria por Potências Evocadas Auditivas de Tronco Encefálico - PEATE que permite a obtenção da atividade eletrofisiológica do sistema auditivo, realizando um mapeamento desde o nervo coclear, passando pelos núcleos cocleares, complexo olivar superior na ponte, lemnisco lateral até o colículo inferior no mesencéfalo (Souza, Piza, Alvarenga, Cózer, 2008).

Os PEATE podem ser de curta, média e longa latência de resposta. A mais utilizada para diagnóstico de limiares eletrofisiológicos é a de curta latência denominado de Audiometria de Tronco Encefálico (ABR) porque não são afetados pelo sono, podendo ser realizada com o indivíduo dormindo.

O estímulo pode ser o clique, porém não ideal para PAIR, pois este tipo de estímulo é de amplo espectro, embora a resposta seja principalmente originária de uma faixa de frequência de 2 a 4 kHz. Uma solução seria a utilização do *tone burst* ou *tone pip* onde há seletividade de frequência, porém o exame leva muito mais tempo na sua realização porque há a necessidade de pesquisar frequência por frequência.

As Emissões Otoacústicas - EOA podem também ser utilizadas como medida da função coclear, entretanto não é capaz de obter limiares auditivos e portanto, não produz um audiograma.

A melhor maneira de avaliar a audição no caso de indivíduos submetidos a ruído seria através das Respostas Evocadas Auditivas de Estado Estável (REAE) que são potenciais evocados repetitivos cujos componentes de frequência se mantêm constantes ao longo do tempo. Técnicas que utilizem REAE podem vir a preencher as necessidades de aperfeiçoamento da audiometria fisiológica. Estas respostas podem ser obtidas apresentando-se um estímulo em um ritmo suficientemente rápido de modo que a resposta a um estímulo se superponha com a resposta ao estímulo precedente. Esta

superposição gera uma resposta periódica na frequência que o estímulo é apresentado (Regan, 1989).

Um estímulo constituído por um tom contínuo modulado em amplitude também evoca uma REAEE na frequência em que o tom foi modulado (Rickards, Clark, 1984; Chambers, Feth, Burns, 1986; Picton e colaboradores, 1987). Este tipo de estímulo apresenta características interessantes para propósitos de audiometria tonal, pois permite testar a acuidade auditiva à frequência do tom contínuo avaliando-se a resposta à frequência que o tom foi modulado.

Logo, seria bastante útil a utilização de uma técnica simples e eficiente de obtenção dos limiares auditivos para as diversas frequências importantes no caso da PAIRO através da Audiometria por Múltiplas Respostas Evocadas de Estado Estável.

Este estudo teve por objetivo avaliar os limiares eletrofisiológicos em indivíduos submetidos a ruído ocupacional, através de um protocolo pré-estabelecido, com a utilização da Audiometria por Múltiplas Respostas Evocadas de Estado Estável e compará-los à Audiometria Tonal (padrão-ouro para avaliação auditiva).

MÉTODOS

Local do Estudo

A pesquisa foi desenvolvida no laboratório de Neurofisiologia Clínica do setor de Neurologia e no ambulatório de Audiologia Clínica, ambos do Hospital das Clínicas da Universidade Federal de Pernambuco e no ambulatório de Audiologia da Clínica CEMOF – Clínica de Medicina Ocupacional Octávio de Freitas (Cartas de Anuência em anexo).

O laboratório de Neurofisiologia faz atendimentos ao público em geral do HC através de exames neurológicos, como o eletroencefalograma e exames eletromiográficos. Recebe também estudantes de graduação e pós-graduação da UFPE para desenvolvimentos de pesquisas na área eletrofisiológica.

No caso da presente pesquisa, o equipamento MASTER pertence ao orientador deste estudo. É uma ferramenta que consiste de um programa, desenvolvido no Canadá pelo Dr. Terry Picton, acoplado a um computador. A nova versão (Navigator Pro-MASTER) é vendida pelo fabricante *Bio-logics - NATUS MEDICAL INCORPORATED*. Existe um site onde podem ser encontradas várias informações recentes a respeito do referido programa, bem como pesquisas atuais sobre o assunto: www.mastersystem.ca

O laboratório de Audiologia do Hospital das Clínicas é vinculado ao Departamento de Fonoaudiologia da UFPE. Realiza atendimentos ao público em geral e também recebe estudantes de graduação e pós-graduação para desenvolvimento de pesquisas audiológicas.

A Clínica de Medicina Ocupacional – CEMOF fica situada no bairro do Derby em Recife-PE. Atende as diversas especialidades médicas, realiza exames de laboratórios, clínicos e principalmente ocupacionais. No CEMOF há duas salas de Audiologia onde

foi realizada parte da coleta de dados da presente pesquisa tanto audiometria como também foi montado, pela própria pesquisadora, o equipamento MASTER, sendo assim realizada a Audiometria por Múltiplas Respostas Evocadas Auditivas de Estado Estável nos voluntários.

Delineamento da Pesquisa

Estudo transversal, pois trata-se de uma pesquisa que foi realizada num determinado momento particular; descritivo porque tem por objetivo descrever sobre a distribuição das características auditivas em indivíduos expostos a ruído ocupacional; e de validação de procedimento de diagnóstico, uma vez que vai se verificar se um novo teste de diagnóstico é válido e confiável comparado ao padrão-ouro (PEREIRA, 1995).

População do Estudo

Foram estudados 40 indivíduos dos sexos feminino e masculino que realizavam suas funções laborais em ambiente insalubre expostos a ruído ocupacional. Destes, 20 com audição dentro do padrão de normalidade (sendo 10 indivíduos do sexo masculino e 10 do sexo feminino) e 20 com PAIRO (sendo 12 do sexo masculino e 8 do sexo feminino).

Quanto ao número de orelhas, a amostra do estudo foi constituída por 35 orelhas normais e 39 com PAIRO, totalizando um universo de 74 orelhas.

Amostragem

Os indivíduos que participaram da pesquisa foram recrutados em dois locais:

- Lavanderia do Hospital das Clínicas – UFPE. Neste ambiente havia indivíduos que trabalhavam pelo próprio hospital e outros terceirizados. Portanto, foi solicitado cartas de anuência tanto da chefia da lavanderia quanto da chefia das duas empresas terceirizadas prestadoras de serviço ao HC. As funções destes indivíduos eram de costureiros, operadores de máquinas de lavar e separadores de roupas da lavanderia.
- CEMOF – Clínica de Medicina Ocupacional. Local onde muitos trabalhadores realizam seus exames médicos. As funções dos sujeitos eram as mais diversas: técnicos em eletrônica, mecânicos, telefonistas e operadores de diversas máquinas industriais.

Todos foram convidados a realizar os exames audiológicos. Os que concordavam em participar eram esclarecidos sobre a pesquisa e assinavam o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.

O estudo foi realizado em duas etapas pela própria pesquisadora:

- Procedimentos:

PRIMEIRA ETAPA: estabelecimento dos protocolos
Audiometria Tonal Limiar:

Inicialmente foi realizada avaliação audiométrica tonal limiar com 20 indivíduos (40 orelhas) com limiares auditivos dentro do padrão de normalidade, sendo considerados normais limiares até 25 dB NA, nas frequências de 250, 500, 1000, 2000, 3000, 4000, 6000 e 8000 Hz por via aérea e em 500, 1000, 2000, 3000 e 4000 Hz por via óssea com utilização dos fones supra-aurais TDH-39 e vibrador ósseo B - 71.

Foi realizada em todos os participantes a meatoscopia prévia para descartar problemas de impedimento à passagem do som, como nos casos de presença de rolha de cera e problemas condutivos foram excluídos do estudo pelo resultado da avaliação comportamental pela Audiometria Tonal Limiar (existência de *gap* aéreo/ósseo). Foram utilizados otoscópios da marca Mikatos e o Mini 3000 da Heine.

Foi utilizado o Audiômetro do Fabricante Maico, modelo MA 41, Número de série 68278, também foi utilizado um audiômetro da Marca Interacoustics, Modelo 227 devido a pesquisa ter sido realizada em dois locais de estudo distintos, mas foi realizada a calibração biológica na própria examinadora nos dois equipamentos sempre antes da realização dos testes.

A realização da audiometria tonal foi feita em cabina acústica. Os estímulos em tom puro foram apresentados através da técnica descendente-ascendente para obtenção dos limiares tonais.

Audiometria por Múltiplas Respostas Evocadas de Estado Estável:

Foram avaliados 20 indivíduos pelos protocolos 1 e 2 (detalhados abaixo). Foi utilizada sala silenciosa e na penumbra com os participantes acomodados em poltrona reclinável ou maca.

Protocolo 1: Foram avaliados os múltiplos tons ou frequências portadoras de 500, 1000, 2000 e 4000 kHz simultaneamente e em ambas as orelhas, sendo apresentados oito estímulos (quatro em cada orelha) modulados 100% em amplitude, nas frequências de modulação de 80.08; 84.01; 89.84; 94.73 Hz para a orelha direita; e 78.12; 83.01; 86.91; 91.80 Hz para a orelha esquerda respectivamente para cada portadora. Os estímulos foram apresentados ao indivíduo por meio de fones de inserção EAR3A com intensidade que variou de 100 a 10dB NPS de forma decrescente até a obtenção do limiar eletrofisiológico.

Protocolo 2: Foram avaliados os múltiplos tons ou frequências portadoras de 750, 1500, 3000 e 6000 kHz simultaneamente e em ambas as orelhas, sendo apresentados oito estímulos (quatro em cada orelha) modulados 100% em amplitude, nas frequências de modulação de 80.08; 84.01; 89.84; 94.73 Hz para a orelha direita; e 78.12; 83.01; 86.91; 91.80 Hz para a orelha esquerda respectivamente para cada portadora. Também com intensidade que variou de 100 a 10dB NPS de forma decrescente até a obtenção do limiar eletrofisiológico.

Consideração: As frequências de 750 e de 1500 Hz foram utilizadas neste estudo apenas como formatação do protocolo 2 para que fossem englobadas as frequências de 3 e 6 kHz, separadas, assim, por bandas de oitavas.

SEGUNDA ETAPA: protocolos para PAIRO

Fizeram parte desta etapa 20 indivíduos (40 orelhas) com confirmação prévia sugestiva de Perda Auditiva Induzida por Ruído Ocupacional, pela Audiometria Tonal Limiar, com diferentes configurações, avaliados através da Audiometria por Múltiplas Respostas Evocadas de Estado Estável com o uso dos dois protocolos já normatizados.

Esta etapa visou detectar a eficiência destes protocolos na estimativa dos limiares obtidos pela Audiometria tonal limiar em indivíduos submetidos a ruído ocupacional.

Considerações:

- Para todas as etapas foi respeitado o período de repouso auditivo de no mínimo 14 horas.
- Os parâmetros de estimulação e registro (descritos abaixo) tomaram como base os estudos prévios do orientador dessa pesquisa.

Para obtenção da REAEE

Colocação dos Eletrodos

Para ambos os protocolos, o eletrodo ativo foi colocado no vértice (C_z), o eletrodo de referência foi colocado na mastóide direita (M_2) e o eletrodo terra na mastóide esquerda (M_1). A impedância dos eletrodos foi mantida abaixo de $2k\Omega$ e entre os eletrodos abaixo de $5k\Omega$. Antes da colocação dos eletrodos foi feita uma limpeza da pele do participante com gaze, pasta abrasiva e álcool.

Estímulos:

Cada estímulo é construído modulando-se senoidalmente a amplitude de um tom puro (portadora). O espectro de frequência do tom modulado em amplitude é composto de um componente na frequência da portadora e dois componentes com frequência igual à frequência da portadora mais e menos à frequência de modulação (LINS, 2002).

Apresentação dos estímulos:

Foram apresentados ao participante através de fones de inserção (EAR3A).

Produção dos Estímulos:

Os estímulos foram produzidos digitalmente e convertidos para forma analógica. O conversor digital-analógico (DA) foi dirigido pelo mesmo *clock* que o conversor analógico-digital (AD). A frequência de conversão DA foi de 32.000Hz, exatamente 32 vezes à frequência de conversão AD.

Amplificadores e Filtros:

Os registros foram amplificados (10.000 vezes), filtrados (passa-baixas: 1Hz, passa-altas: 300Hz, 6 dB/oitava), digitalizados a 679 Hz, exatamente 1/32 a frequência de digitalização da conversão DA. Esta relação exata entre a frequência de conversão AD e da conversão DA, é fundamental, pois permite o uso da Transformação Rápida de Fourier (FFT) de altíssima resolução para melhorar a relação sinal-ruído (LINS, 2002).

Rejeição de artefatos e promediação:

A unidade básica de registro foi a varredura (*sweep*). Cada varredura durava 12 segundos (8182 pontos de digitalização) e era dividida em 16 sessões de 750 ms (512 pontos). Para permitir que uma sessão contendo artefatos pudesse ser rejeitada sem a perda de toda a varredura, as frequências de modulação foram escolhidas de modo que cada sessão contivesse sempre um número inteiro de ciclos de modulação. Isto permitia que sessões descontínuas pudessem ser articuladas em seqüência sem perda da continuidade da varredura. Uma sessão era rejeitada se contivesse qualquer potencial maior que 80 μ V (LINS, 2002).

Várias varreduras foram utilizadas para melhorar a relação sinal-ruído. O número máximo de varreduras utilizadas foram 36.

Transformação do registro para o domínio da frequência

Os registros foram transformados para o domínio da frequência por um FFT. O registro digitalizado consiste em uma série de números representando a amplitude da resposta em uma série de pontos no tempo. Um registro digital no domínio da frequência consiste em uma série de números complexos representando os componentes espectrais em uma série de pontos no espectro de frequência. Os componentes espectrais são representados por números complexos porque são vetores bidimensionais. Um número complexo possui duas partes, chamadas de real e de imaginária, representando as projeções do vetor em coordenadas cartesianas X e Y. Normalmente essas coordenadas são transformadas em coordenadas polares amplitude (comprimento do vetor) e fase (rotação do vetor em torno da origem) (LINS, 2002):

Amplitude: $\sqrt{X^2 + Y^2}$ e Fase= $\arctan y/x$

Registro e Análise das Respostas:

A resposta de estado estável para estímulos modulados entre 70 e 110 Hz é gerada por estruturas produtoras de campos abertos localizadas no tronco cerebral (LINS, 2002).

É bastante difícil identificar respostas e separá-las do ruído simplesmente inspecionado as ondas diretamente como elas são registradas, no domínio do tempo. No domínio da frequência, por outro lado, é muito simples, ou seja, a resposta a cada tom ocorre precisamente na frequência que cada tom foi modulado enquanto o ruído distribui-se amplamente no espectro de frequência.

Mesmo os estímulos sendo apresentados no mesmo instante, a resposta a cada um dos oito estímulos pode ser analisada independentemente, analisando-se o componente espectral correspondente à frequência na qual a portadora de cada estímulo foi modulada. Logo, vários estímulos podem ser apresentados simultaneamente aos dois ouvidos, pois a sensibilidade a cada frequência será avaliada simultânea e independentemente, desde que cada portadora seja modulada num ritmo diferente da outra.

Deteccão das Respostas

A presença ou ausência de uma resposta foi decidida por duas técnicas estatísticas, diferentes, F e T². Ambas funcionam no domínio da frequência e são realizadas nos dados do FFT.

O teste F avalia se a amplitude da resposta (registrada na frequência de modulação) é significativamente maior que a amplitude do ruído (avaliado nas frequências vizinhas) (WEI, 1990; ZUREK, 1992).

O teste T² avalia se a resposta é replicável nas 16 sessões em que a varredura é dividida. O FFT de cada uma das sessões fornece 16 pares de componentes ortogonais X e Y na frequência de modulação para cada estímulo. Estes componentes são utilizados para calcular o limite de confiança bidimensional a 95% da média. Uma resposta é considerada presente se a origem (o zero) não está contida nos limites de confiança (LINS, 2002).

Para maior precisão na detecção das respostas foi optado por esperar no mínimo cinco varreduras (*sweeps*) e no máximo 36 varreduras, além das análises estatísticas, para o registro das respostas.

Estratégia para o registro das Respostas

Foram apresentados os estímulos em amplitudes com intensidade crescente em passos de 10 dB até a obtenção da resposta significativa. A intensidade mínima utilizada foi de 0 dB NPS e a máxima foi de 100 dB NPS.

Uma resposta foi considerada presente quando os testes F e T² foram significantes com $p < 0,05$.

Análise Estatística

Análise da Respostas Auditivas de Estado Estável - REAEE

As varreduras promediadas foram analisadas automaticamente utilizando o espectro de frequências resultante do *Fast Fourier Transform* (FFT) e consistiu na verificação da amplitude da REAEE em uma frequência de modulação específica comparada às frequências adjacentes e analisadas por um teste F com intervalo de confiança de 95%. Uma resposta foi considerada presente com valor de $p < 0,05$.

Análise dos dados

Foram calculadas a média e desvio-padrão (dp), demonstrados através de tabelas e gráficos. Para as comparações foi utilizada a análise de variância (Anova) (NETER e colaboradores, 1996) e para as comparações post-hoc foi utilizado o Test Tukey para comparação entre os pares. O nível de significância utilizado nas decisões estatísticas foi de 5%.

A regressão linear foi utilizada para permitir a quantificação do efeito de um exame em relação ao outro (MOTTA, 2006).

O método proposto por Bland e Altman foi utilizado para estudar a concordância entre os dois métodos de exame (BLAND; ALTMAN, 1986; BLAND; ALTMAN, 1999).

Para a análise da terceira etapa foram construídas tabelas de contingência para estudar a sensibilidade, a especificidade, o valor preditivo positivo e o valor preditivo negativo dos testes.

Aspectos Éticos

O objetivo da pesquisa foi explicado verbalmente aos indivíduos que fizeram parte do estudo e os que concordarem em participar assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (anexo), o que incluiu o seu anonimato.

O projeto de pesquisa foi encaminhado ao Comitê de Ética e Pesquisa em Seres Humanos do Centro de Ciências da Saúde da Universidade Federal de Pernambuco e aprovado sob o protocolo nº 059/09 (Anexo A).

Problemas Metodológicos

A maior dificuldade encontrada em relação à execução do presente estudo foi a falta de tempo necessário para a realização dos testes audiológicos nesta população de trabalhadores, pois os voluntários precisavam retornar imediatamente ao trabalho após o término dos referidos testes. Devido a esse problema houve muitas perdas de avaliações (incompletas), para se ter uma ideia real da quantidade de avaliações perdidas, a pesquisa foi realizada em mais de 100 indivíduos (200 orelhas avaliadas).

RESULTADOS

Foram avaliados pela audiometria tonal (avaliação comportamental) e pelas Múltiplas Respostas Auditivas de Estado Estável (avaliação fisiológica) um total de 40 sujeitos expostos a ruído ocupacional, sendo 20 controles normais e 20 portadores de PAIRO. Nos normais, das 40 orelhas avaliadas, 5 foram excluídas. Por ter sido realizado o método descendente de 10 em 10 dB na pesquisa de limiar, esses 5 sujeitos ficaram com limiares superiores a 30 dB NA o que os deixam excluídos da normalidade auditiva. No que se refere aos portadores de PAIRO, das 40 orelhas avaliadas, 1 sujeito foi excluído por não ter perda auditiva para a frequência de 6 kHz, frequência esta que foi utilizada como caracterização da Perda Induzida por Ruído juntamente com as de 3 e 4kHz.

Logo, a amostra do estudo foi constituída por 35 orelhas normais e 39 com PAIRO, totalizando um universo de 74 orelhas.

A Tabela 1 mostra a caracterização da população estudada. Com relação à idade da população dos controles a média foi de 42 anos. Para os portadores de PAIRO a média foi de 47 anos. Quanto ao sexo, a distribuição dos controles foi igual para ambos os sexos (50%). Para os portadores de PAIRO, 12 eram do sexo masculino (60%) e 8 (40%) eram do sexo feminino. Com relação ao tempo de exposição ao ruído, em anos de trabalho, a média foi de 13 anos para os controles e de 20 anos para os sujeitos com PAIRO.

Tabela 1 – Distribuição das características da população do estudo

Condição	N	Idade (anos) Média (dp)	Sexo				Orelhas	Tempo de exposição ao ruído (em anos) Média (dp)
			Masculino/Feminino		Masculino/Feminino			
			N	%	N	%		
PAIR	20	47 (13)	12	60	8	40	35	20 (11)
Normal	20	42 (12)	10	50	10	50	39	13 (9)

A Figura 1 mostra os limiares tonais dos sujeitos controles e portadores de PAIRO para a avaliação comportamental pela Audiometria Tonal Limiar. Foi verificado que houve uma elevação dos limiares a partir da frequência de 3 kHz para os portadores de PAIRO.

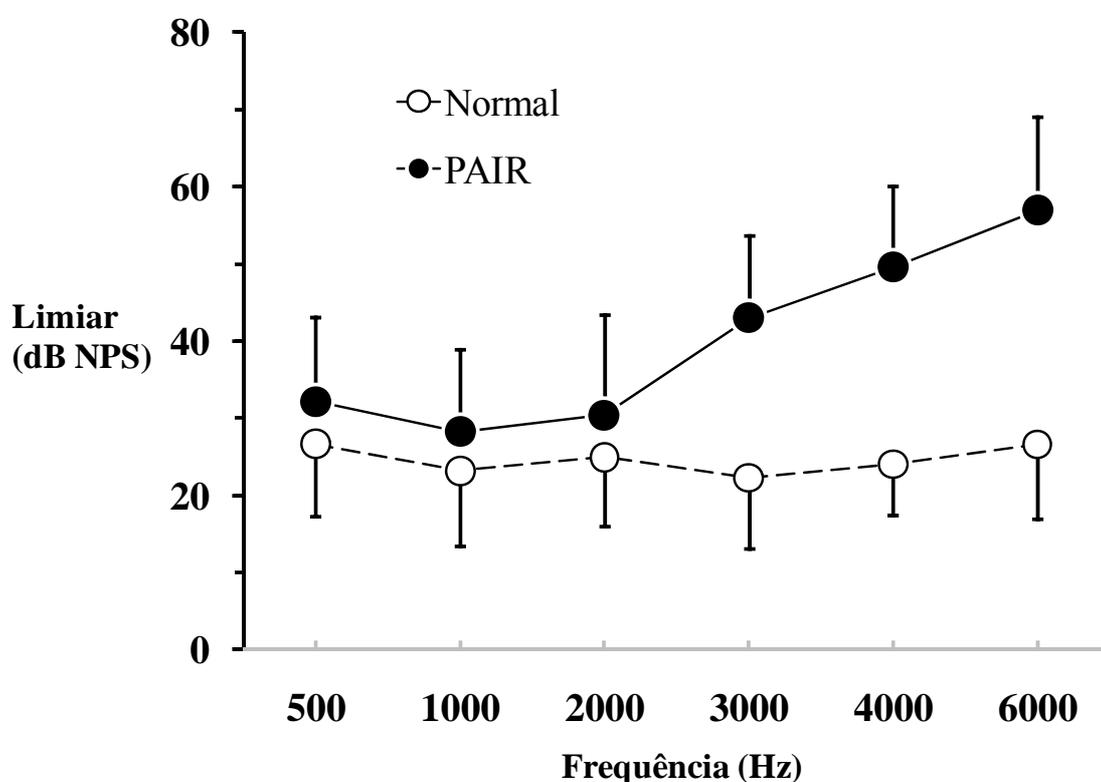


Figura 1 – Limiares auditivos dos sujeitos controles e portadores de PAIRO para a avaliação comportamental pela Audiometria Tonal Limiar

A Tabela 2 apresenta média e desvio-padrão dos limiares da avaliação comportamental pela Audiometria Tonal Limiar para os sujeitos portadores de PAIRO e para os indivíduos controles normais nas frequências de 0,5, 1, 2, 3, 4 e 6 kHz em que também mostra a elevação dos limiares a partir da frequência de 3 kHz para os portadores de PAIRO.

Tabela 2- Distribuição da média e desvio-padrão dos limiares comportamentais para os sujeitos portadores de PAIR e para os indivíduos controles normais nas frequências de 0,5 a 6 kHz

	0,5 Hz	1 kHz	2 kHz	3 kHz	4 kHz	6 kHz
PAIR	32 (7)	28 (8)	31 (8)	43 (10)	49 (10)	57 (13)
Normal	27 (5)	23 (5)	25 (5)	22 (5)	24 (6)	27 (5)

Foi realizada a análise de variância (Anova) para a Testagem Comportamental (Audiometria Tonal Limiar) através de um modelo misto 2x6 (dois grupos, os que tinham PAIRO e os que não tinham e 6 frequências avaliadas) para comparação dos limiares comportamentais dos controles e dos portadores de PAIRO os resultados foram significantes para todas as frequências, sendo as diferenças maiores para 3, 4 e 6 kHz. Para comparação entre o grupo controle entre si não houve diferença significativa, também não houve diferença significativa entre si para o grupo de PAIRO para as frequências de 0,5; 1 e 2kHz, já para as frequências de 3, 4 e 6 houve diferença significativa como mostra a Tabela 3.

Tabela 3- Anova Modelo Misto (PAIRO (2) × Frequência (6).

Testagem Comportamental

ANOVA Modelo Misto Grupo (2) versus Frequência (6)

	df Effect	MS Effect	df Error	MS Error	F	p-level
GRUPO	1	26389.13	72	158.45	166.55	0.000
FREQ	5	2641.99	360	39.74	66.48	0.000
P × F	5	2435.83	360	39.74	61.29	0.000

Tukey HSD Post Hoc Teste

INTERAÇÃO: GRUPO x FREQ

Controles vs. PAIR (entre frequências iguais)	Freq (Hz)	500Hz	1000Hz	2000Hz	3000Hz	4000Hz	6000Hz
		0.01464	0.04056	0.01503	0.00002	0.00002	0.00002
Controles	Freq (Hz)	500Hz	1000Hz	2000Hz	3000Hz	4000Hz	
	1000Hz	0.42673					
	2000Hz	0.99983	0.90536				
	3000Hz	0.12742	0.99999	0.56408			
	4000Hz	0.76214	1.00000	0.99301	0.99671		
	6000Hz	1.00000	0.42673	0.99983	0.12742	0.76214	
PAIR	Freq (Hz)	500Hz	1000Hz	2000Hz	3000Hz	4000Hz	
	1000Hz	0.17145					
	2000Hz	0.99969	0.68565				
	3000Hz	0.00002	0.00002	0.00002			
	4000Hz	0.00002	0.00002	0.00002	0.00049		
	6000Hz	0.00002	0.00002	0.00002	0.00002	0.00002	

df: degrees of freedom; MS: Mean Square.

A Figura 2 mostra os limiares fisiológicos dos sujeitos controles e portadores de PAIRO para a avaliação pelo MASTER. Também foi verificado que houve uma elevação dos limiares a partir da frequência de 3 kHz para os portadores de PAIRO de forma semelhante da Audiometria Tonal Limiar.

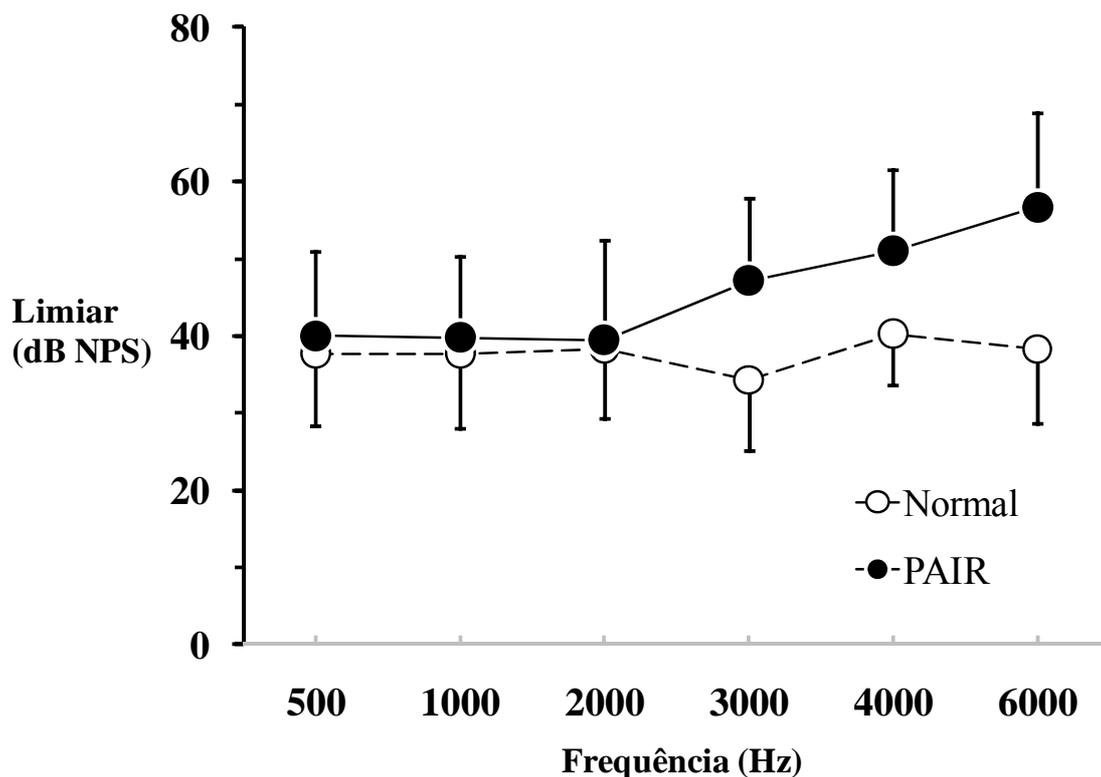


Figura 2 – Limiares auditivos fisiológicos dos sujeitos controles e portadores de PAIRO para a avaliação com a utilização do MASTER

A Tabela 4 apresenta média e desvio-padrão dos limiares da avaliação fisiológica com uso do MASTER para os sujeitos portadores de PAIRO e para os indivíduos controles normais nas frequências de 0,5, 1, 2, 3, 4 e 6 kHz em que também mostra a elevação dos limiares a partir da frequência de 3 kHz para os portadores de PAIRO semelhante ao encontrado pela Audiometria Tonal Limiar.

Tabela 4- Distribuição da média e desvio-padrão dos limiares fisiológicos para os sujeitos portadores de PAIRO e para os indivíduos controles normais nas frequências de 0,5 a 6 kHz

	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	3000 Hz	4000 Hz	6000 Hz
PAIRO	40 (7)	40 (8)	39 (8)	47 (10)	51 (10)	57 (13)
Normais	38 (11)	38 (11)	38 (13)	34 (11)	40 (10)	38 (11)

A Tabela 5 mostra a análise de variância para a Testagem Fisiológica (MASTER) também através do modelo misto 2x6 em que mostra resultados significantes ($p < 0,05$), ao compararmos os controles com os portadores de PAIRO, para as frequências de 3, 4 e 6 kHz, já as frequências de 0,5; 1 e 2kHz não mostram diferenças estatisticamente significantes. Ao serem comparados os controles entre si não há diferenças significantes e também entre o grupo de PAIRO entre si não há diferença significativa para 0,5; 1 e 2kHz, existindo diferenças significantes para 3, 4 e 6 kHz.

Tabela 5-Anova Modelo Misto (PAIRO (2) × Freqüencia (6) Testagem Fisiológica

ANOVA Modelo Misto Grupo (2) versus Freqüencia (6)

	df	MS	df	MS	F	p-level
	Effect	Effect	Error	Error		
PAIR	1	6945.54	72	335.95	20.67	0.000
FREQ	5	1103.36	360	60.27	18.31	0.000
P × F	5	935.96979	360	60.27	15.53	0.000

Tukey HSD Post Hoc Teste

INTERAÇÃO: GRUPO x FREQ

Controles vs. PAIR	Freq (Hz)	500Hz	1000Hz	2000Hz	3000Hz	4000Hz	6000Hz
(entre frequências iguais)		0.98652	0.99501	0.99997	0.00002	0.00002	0.00002

Controles	Freq (Hz)	500Hz	1000Hz	2000Hz	3000Hz	4000Hz
	1000Hz	1.000				
	2000Hz	1.000	1.000			
	3000Hz	0.791	0.791	0.582		
	4000Hz	0.966	0.966	0.996	0.056	
	6000Hz	1.000	1.000	1.000	0.582	0.996

PAIR	Freq (Hz)	500Hz	1000Hz	2000Hz	3000Hz	4000Hz
	1000Hz	1.000				
	2000Hz	1.000	1.000			
	3000Hz	0.003	0.001	0.001		
	4000Hz	0.000	0.000	0.000	0.010	
	6000Hz	0.000	0.000	0.000	0.000	0.055

df: degrees of freedom; MS: Mean Square.

A Figura 3 refere-se à diferença constante (viés) encontrada entre as duas avaliações, Fisiológica e Comportamental. Mostra que houve uma diferença de 10 a 15 dB para os controles em todas as frequências e para os portadores de PAIRO até a frequência de 2kHz, após esta frequência a diferença diminui para 3, 4 e 6 kHz entre os dois tipos de avaliações.

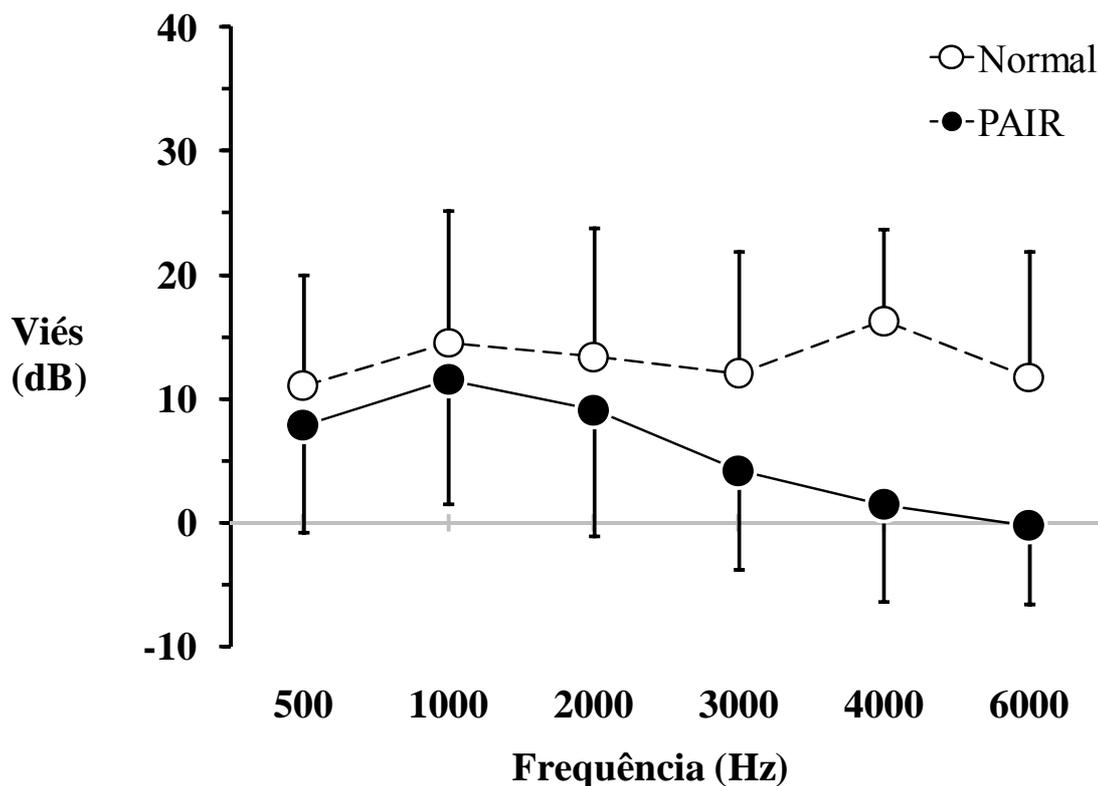


Figura 3 – Diferenças constantes entre as avaliações (Fisiológica – Comportamental)

A Tabela 6 apresenta média e desvio-padrão das diferenças constantes (viés) encontradas entre as avaliações Fisiológica e Comportamental para os sujeitos portadores de PAIRO e para os indivíduos controles normais em que mostra a diferença de 10 a 15 dB para os portadores de PAIRO até a frequência de 2kHz e que após esta frequência a diferença vai diminuindo para 3, 4 e 6kHz entre os dois métodos de avaliação.

Tabela 6 – Média e Desvio-padrão das diferenças constantes encontradas entre as duas avaliações (Fisiológica – Comportamental)

	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	3000 Hz	4000 Hz	6000 Hz
PAIR	8 (9)	12 (10)	9 (10)	4 (8)	1 (8)	0 (6)
Normal	11 (9)	15 (11)	13 (10)	12 (10)	16 (7)	12 (10)

A Tabela 7 mostra a análise de variância pelo modelo 2x6 das diferenças entre os dois tipos de avaliações. É possível verificar diferenças significantes para as frequências de 3,4 e 6kHz. Para comparações dos controles entre si não houve diferenças significantes e para as comparações entre si do grupo PAIRO o Post Hoc mostra diferenças para frequências a partir de 3kHz.

Tabela 7-Anova Modelo Misto 2 (PAIRO) por 6 (Frequencia) Diferença (Fisiológica – Comportamental)

ANOVA Modelo Misto Grupo (2) versus Frequência (6)

	df	MS	df	MS	F	p-level
	Effect	Effect	Error	Error		
GRUPO	1	6263.5	72	192.17	32.59	0.000
FREQ	5	507.83	360	61.77	8.22	0.000
G × F	5	453.61	360	61.77	7.34	0.000

Tukey HSD Post Hoc Teste
 INTERAÇÃO: GRUPO x FREQ

GRUPO vs. FREQ	Freq (Hz)	500Hz	1000Hz	2000Hz	3000Hz	4000Hz	6000Hz
(entre frequências iguais)		0.869	0.911	0.490	0.002	0.000	0.000
Controles	Freq (Hz)	500Hz	1000Hz	2000Hz	3000Hz	4000Hz	
	1000Hz	0.759					
	2000Hz	0.961	1.000				
	3000Hz	1.000	0.969	0.999			
	4000Hz	0.144	0.998	0.947	0.436		
	6000Hz	1.000	0.911	0.994	1.000	0.288	
PAIR	Freq (Hz)	500Hz	1000Hz	2000Hz	3000Hz	4000Hz	
	1000Hz	0.610					
	2000Hz	0.999	0.986				
	3000Hz	0.651	0.002	0.127			
	4000Hz	0.025	0.000	0.001	0.959		
	6000Hz	0.000	0.000	0.000	0.309	0.994	

df: degrees of freedom; MS: Mean Square.

Para melhor visualização das diferenças existentes entre os dois tipos de avaliação (comportamental e fisiológica) para os controles e para os portadores de PAIRO foram plotadas as figuras seguintes (Gráficos 4 e 5).

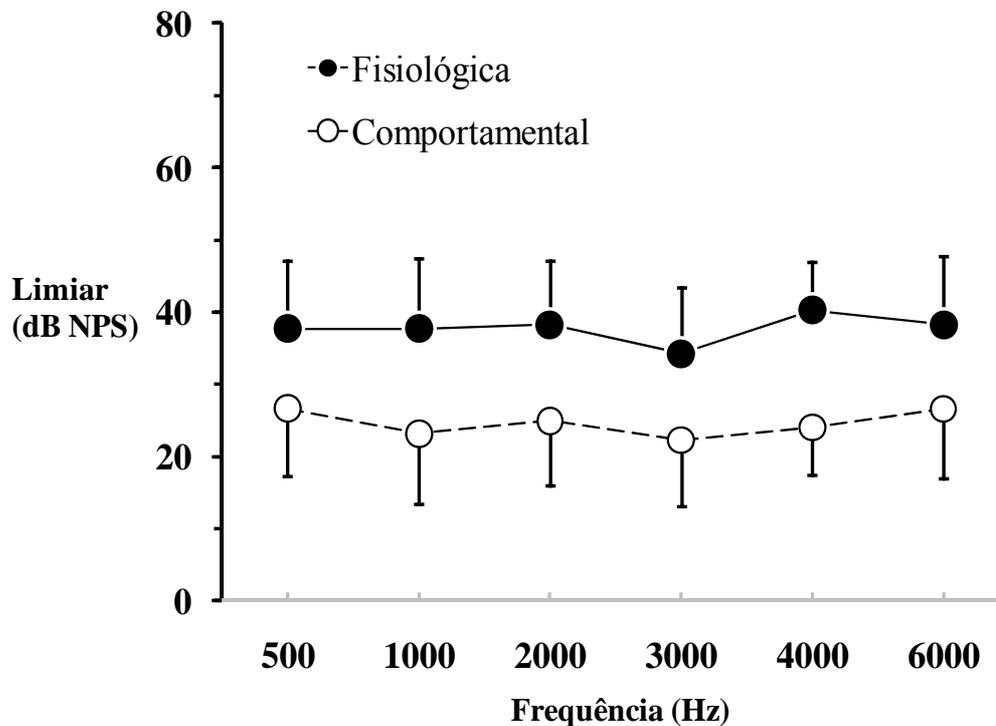


Figura 4 - Diferenças dos limiares auditivos entre os dois tipos de avaliação (comportamental e fisiológica) para os controles.

Para a análise estatística foi utilizado Modelo de Anova fatorial com medições repetidas 2x6. Para as comparações entre as duas avaliações os resultados em todas as frequências testadas foram significantes. Para as comparações da avaliação comportamental entre si não houve significância nem para as comparações da avaliação fisiológica entre si (Tabela 8).

Tabela 8 -Anova Modelo Fatorial (Audio (2) × Frequencia (6)

Controles

ANOVA Medições Repetidas Audio (2) versus Frequência (6)

	df	MS	df	MS	F	p-level
	Effect	Effect	Error	Error		
AUDIO	1	183.24	170.00	39.71	4.61	0.001
FREQ	5	18268.8	34.00	132.24	138.15	0.000
A × F	5	74.67	170.00	29.45	2.54	0.030

Tukey HSD Post Hoc Teste
 INTERAÇÃO: AUDIO x FREQ

GRUPO vs. FREQ	Freq (Hz)	500Hz	1000Hz	2000Hz	3000Hz	4000Hz	6000Hz
(entre frequências iguais)		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
COMP	Freq (Hz)	500Hz	1000Hz	2000Hz	3000Hz	4000Hz	
	1000Hz	1.000					
	2000Hz	1.000	1.000				
	3000Hz	0.256	0.256	0.086			
	4000Hz	0.706	0.706	0.929	0.051		
	6000Hz	1.000	1.000	1.000	0.086	0.929	
FISIO	Freq (Hz)	500Hz	1000Hz	2000Hz	3000Hz	4000Hz	
	1000Hz	0.201					
	2000Hz	0.999	0.777				
	3000Hz	0.055	1.000	0.319			
	4000Hz	0.548	1.000	0.977	0.988		
	6000Hz	1.000	0.201	0.999	0.031	0.548	

df: degrees of freedom; MS: Mean Square.

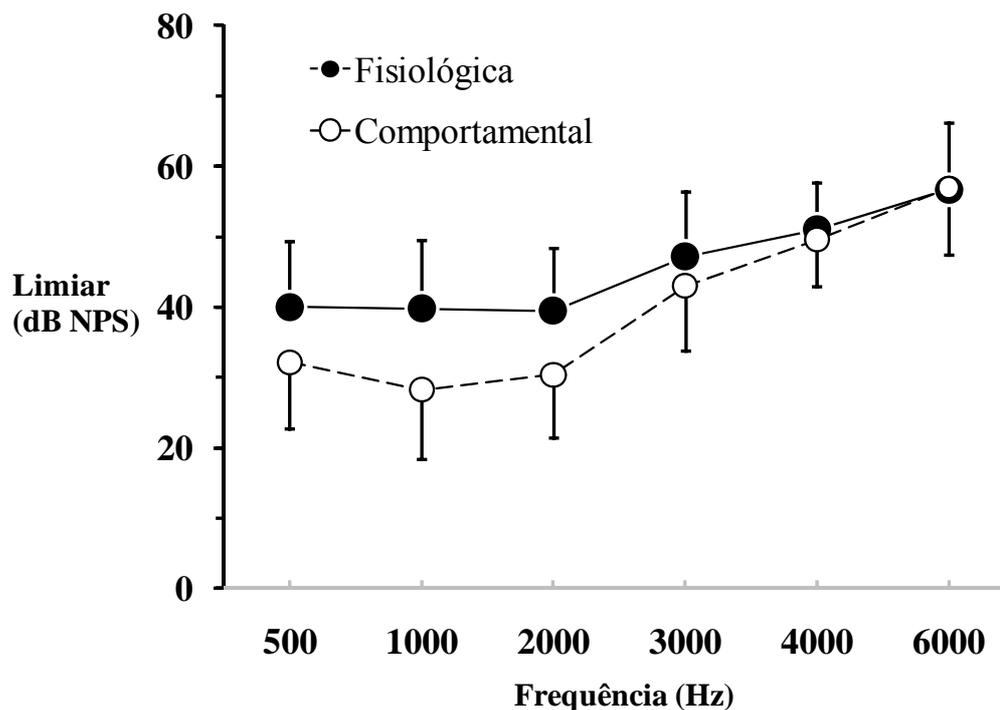


Figura 5 - Diferenças dos limiares auditivos entre os dois tipos de avaliação (comportamental e fisiológica) para os portadores de PAIRO.

Para as comparações entre as duas avaliações os resultados foram significantes para as frequências de 0,5; 1 e 2kHz. Para as comparações da avaliação comportamental entre si houve significância entre todas as frequências, exceto entre 3 e 4kHz. Para as comparações da avaliação fisiológica entre si houve significância a partir de 3 kHz (Tabela 9).

Tabela 9- Anova Modelo Fatorial (Audio (2) × Freqüencia (6) PAIRO

ANOVA Medições Repetidas Audio (2) versus Freqüencia (6)

	df	MS	df	MS	F	p-level
	Effect	Effect	Error	Error		
AUDIO	5	6835.69	190.00	95.87	71.30	0.000
FREQ	1	3762.7	38.00	62.96	59.76	0.000
A × F	5	400.77	190.00	31.75	12.62	0.000

Tukey HSD Post Hoc Tests

INTERACTION: AUDIO x FREQ

GRUPO vs. FREQ	Freq (Hz)	500Hz	1000Hz	2000Hz	3000Hz	4000Hz	6000Hz
(entre frequências iguais)		0.000	0.000	0.000	0.038	0.970	1.000
COMP	Freq (Hz)	500Hz	1000Hz	2000Hz	3000Hz	4000Hz	
	1000Hz	1.000					
	2000Hz	1.000	1.000				
	3000Hz	0.000	0.000	0.000			
	4000Hz	0.000	0.000	0.000	0.104		
	6000Hz	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001
FISIO	Freq (Hz)	500Hz	1000Hz	2000Hz	3000Hz	4000Hz	
	1000Hz	0.070					
	2000Hz	0.999	0.512				
	3000Hz	0.000	0.000	0.000			
	4000Hz	0.000	0.000	0.000	0.000		
	6000Hz	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

df: degrees of freedom; MS: Mean Square.

A partir das figuras seguintes serão mostradas regressões lineares para o universo dos dois grupos estudados, controles normais e portadores de PAIRO juntos. As bolinhas pretas representam o número de sujeitos estudados, porém valores muito próximos causam união das bolinhas, ou seja, cada uma delas pode representar mais de um sujeito.

A Figura 6 mostra a reta de regressão linear formada para 0,5kHz onde o gráfico de dispersão apresenta-se como uma nuvem de pontos sem tendência e o gráfico de Bland-Altman mostra a diferença dos dois tipos de avaliações pela média das duas avaliações (Fisiológica – Comportamental) com intervalos de confiança a 95% e variabilidade de 15 dB.

Gráfico de Dispersão

0,5 kHz

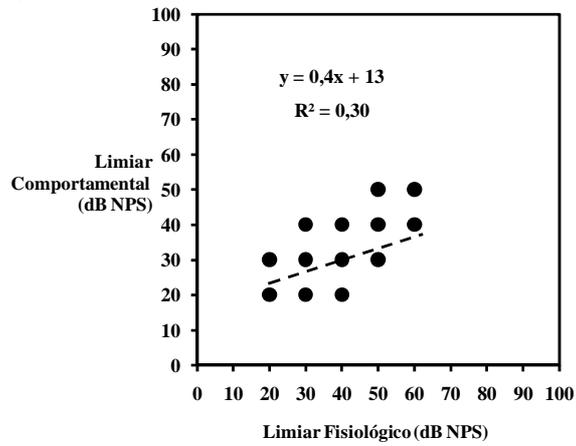


Gráfico de Bland-Altman

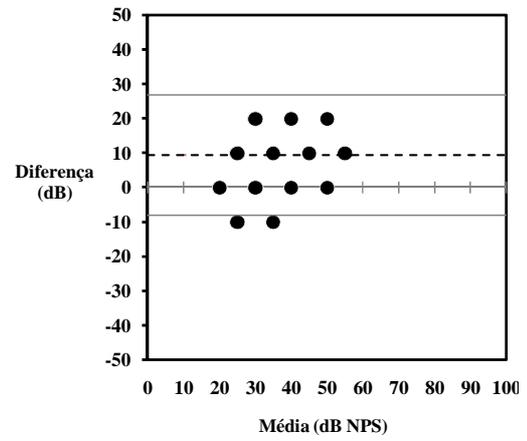


Figura 6 – Reta de Regressão Linear para 0,5 kHz

A Figura 7 mostra a reta de regressão linear formada para 1 kHz onde o gráfico de dispersão também apresenta-se como uma nuvem de pontos sem tendência e o gráfico de Bland-Altman mostra a diferença dos dois tipos de avaliações pela média das duas avaliações (Fisiológica – Comportamental) com intervalos de confiança a 95% e variabilidade de 15 dB.

**Gráfico de Dispersão
1 kHz**

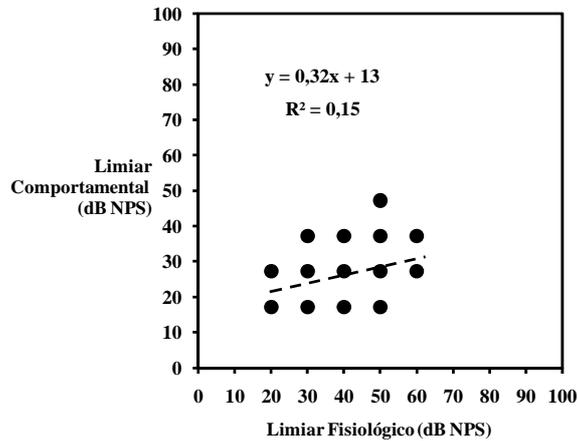


Gráfico de Bland-Altman

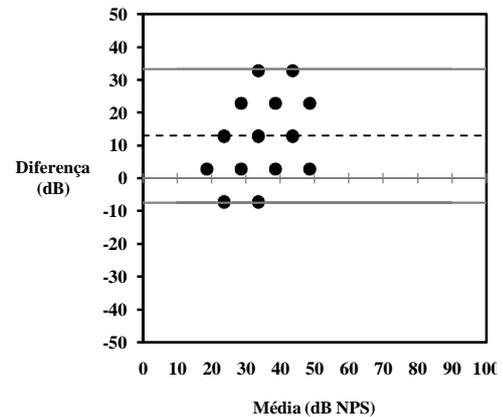


Figura 7 – Reta de Regressão Linear para 1kHz

A Figura 8 mostra a reta de regressão linear formada para 2 kHz onde o gráfico de dispersão também apresenta-se como uma nuvem de pontos sem tendência, pois de 0,5 a 2kHz não há variabilidade e o gráfico de Bland-Altman mostra a diferença dos dois tipos de avaliações pela média das duas avaliações (Fisiológica – Comportamental) com intervalos de confiança a 95% e variabilidade de 15 dB.

Gráfico de Dispersão 2 kHz

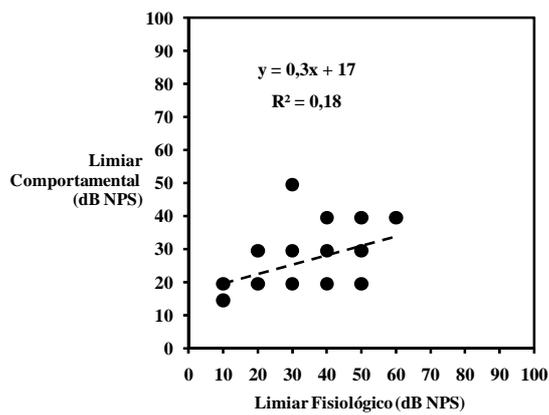


Gráfico de Bland-Altman

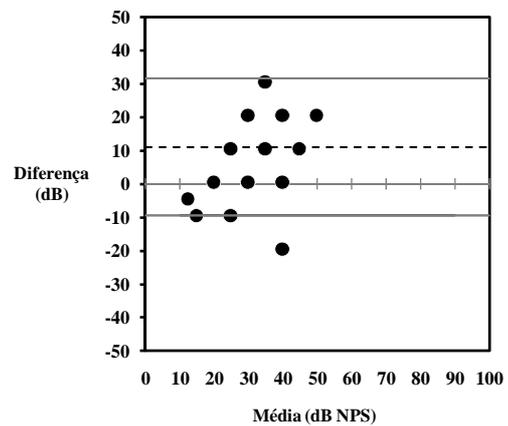


Figura 8 – Reta de Regressão Linear para 2kHz

A Figura 9 mostra a reta de regressão linear formada para 3 kHz onde já é possível visualizar uma melhora da dispersão e o gráfico de Bland-Altman mostra a diferença dos dois tipos de avaliações pela média das duas avaliações (Fisiológica – Comportamental) com intervalos de confiança a 95% e variabilidade de 15 dB.

Gráfico de Dispersão 3 KHz

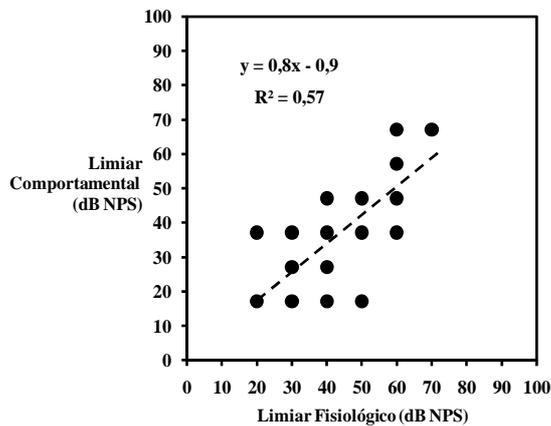


Gráfico de Bland - Altman

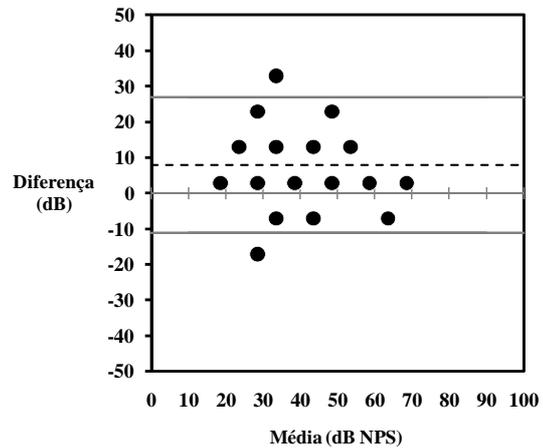


Figura 9 – Reta de Regressão Linear para 3kHz

A Figura 10 mostra a reta de regressão linear formada para 4 kHz onde o gráfico de dispersão já apresenta-se com tendência e o gráfico de Bland-Altman mostra a diferença dos dois tipos de avaliações pela média das duas avaliações (Fisiológica – Comportamental) com intervalos de confiança a 95% e variabilidade de 15 dB.

Gráfico de Dispersão 4 kHz

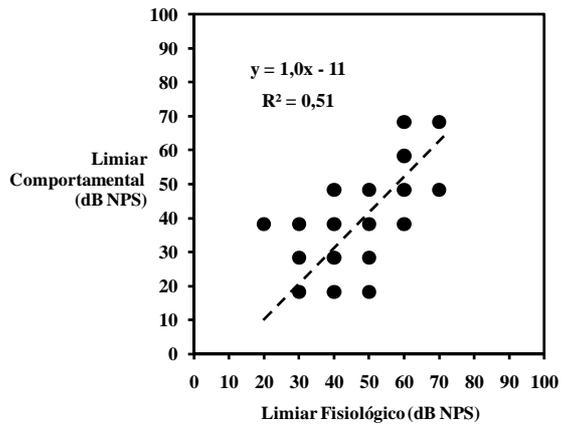


Gráfico de Bland-Altman

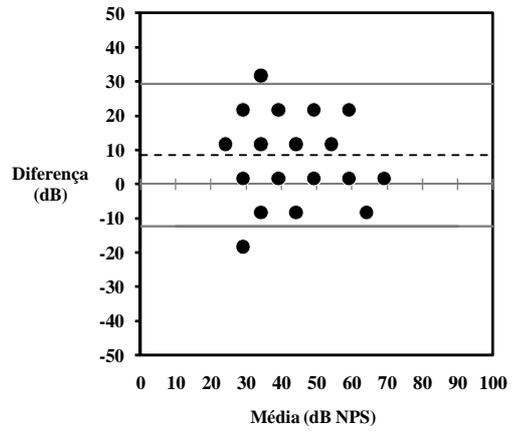


Figura 10 – Reta de Regressão Linear para 4 kHz

A Figura 11 mostra a reta de regressão linear formada para 6 kHz onde o gráfico de dispersão apresenta-se com linha de tendência com melhor valor do R quadrado (R^2) e o gráfico de Bland-Altman mostra a diferença dos dois tipos de avaliações pela média das duas avaliações (Fisiológica – Comportamental) com intervalos de confiança a 95% e variabilidade de 15 dB.

Gráfico de Dispersão 6 KHz

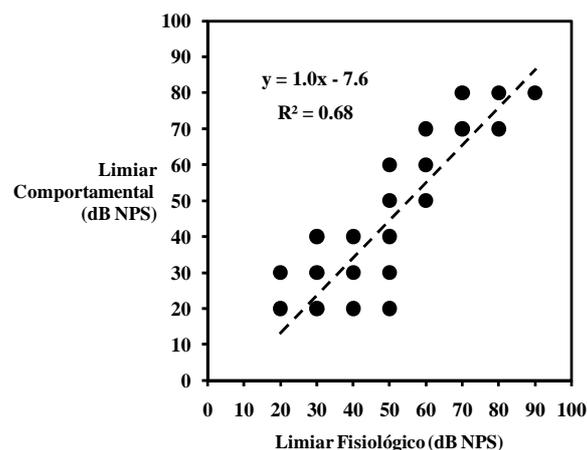


Gráfico de Bland-Altman

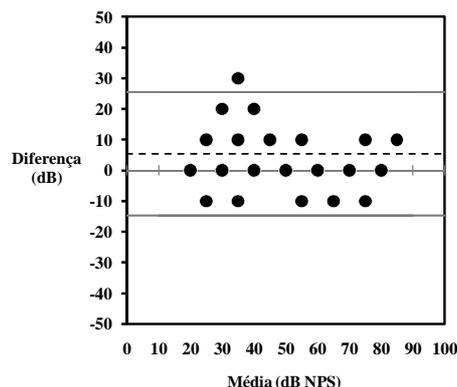


Figura 11 – Reta de Regressão Linear para 6 kHz

Duração da testagem para diagnóstico fisiológico

A duração da testagem completa fisiológica foi 61 minutos e 32 segundos com limite superior (limite de confiança a 95%) de 86 minutos e 58 segundos, como pode ser observado na Tabela 10.

Tabela 10 - Tempo para diagnóstico fisiológico

	Tempo (min, seg)
Média	61' 32''
LC95%	86' 58''

LC95% Limite de confiança 95%

Obs.: LC95% - Neste tempo 95% das orelhas estavam concluídas.

DISCUSSÃO

O propósito do presente estudo foi verificar se os limiares obtidos pela Audiometria por Múltiplas Respostas Evocadas de Estado Estável podem estimar os limiares obtidos pela Audiometria tonal limiar (padrão-ouro para avaliação auditiva) em indivíduos submetidos a ruído ocupacional para que a partir disso fosse elaborado

um protocolo de Triagem ‘passa-falha’ para que no futuro próximo, após aperfeiçoamentos do modelo, o mesmo pudesse vir a ser utilizado na clínica audiológica ocupacional como uma ferramenta objetiva de contribuição para o fechamento de diagnósticos.

É importante ressaltar que não há estudos na literatura com as frequências de 3 e 6kHz para serem comparados aos nossos resultados.

Limiares obtidos para os controles normais

Foram obtidos em 35 orelhas (87,5%) dos indivíduos com audição normal seus limiares fisiológicos, para todas as frequências testadas, no máximo a 30 dB NA. Na literatura é possível verificar resultados semelhantes que estão descritos abaixo.

No estudo de FERRAZ, FREITAS E MARCHIORI (2002), é possível verificar a presença de limiares em torno de 20 a 40 dB NA em todos os indivíduos estudados e em pelo menos seis das oito frequências pesquisadas entre 0,5 a 4 kHz testando as duas orelhas ao mesmo tempo. O estudo de LINS et al (1996) também mostra valores para os limiares fisiológicos entre 11 e 14 dB acima dos limiares comportamentais nas mesmas frequências.

Diferenças entre os limiares auditivos fisiológicos e comportamentais nas perdas auditivas – dados comparativos com a literatura recente (Média e Desvio-Padrão por frequência)

Os limiares auditivos fisiológicos foram semelhantes aos comportamentais com diferenças que variaram de 10 a 15 dB NPS até a frequência de 2kHz e, a partir desta, a diferença foi diminuindo para 3 e 4kHz, chegando a zerar em 6kHz. Este resultado é semelhante ao encontrado na literatura em que mostram diferenças maiores para as frequências graves, onde não há perda auditiva, e menores para as agudas, onde existem as perdas, ou seja, as perdas auditivas afetam essa diferença de limiares entre os dois tipos de avaliação (MARTÍNEZ-BENEITO ET AL, 2002, RUEY-FEN HSU e colaboradores, 2011; PICTON e colaboradores, 2005; PEREZ-ABALO, 2001; RANCE e colaboradores;1995, LINS e colaboradores, 1996).

O presente estudo mostrou diferenças para 0,5 kHz de 8 ± 9 , para 1,0 kHz de 12 ± 10 , para 2,0 de 9 ± 10 , para 3kHz de 4 ± 8 , para 4,0kHz de 1 ± 8 e para 6kHz de 0 ± 6 . Foi realizada comparação entre estudos semelhantes com PAIRO ou com Perda auditiva sensorioneural em adultos. Não sendo possível comparar as frequências de 3 e 6kHz, pois nenhum outro estudo realizou testagens nestas frequências. Como podemos observar na Tabela 16.

Tabela 16 - Diferenças entre média e desvio-padrão dos limiares fisiológicos e comportamentais obtidos por vários estudos

Comparações	0,5 kHz Diferença /dp	1 kHz Diferença /dp	2 kHz Diferença /dp	3 kHz Diferença /dp	4 kHz Diferença /dp	6 kHz Diferença /dp
Presente estudo	8 ± 9	12 ± 10	9 ± 10	4 ± 8	1 ± 8	0 ± 6
Picton et al (2002)	13 ± 11	5 ± 8	5 ± 9	-	8 ± 11	-
Herdman e Stapells (2003)	14 ± 13	8 ± 9	10 ± 10	-	3 ± 10	-
Swanepoel, Hugo e Roode (2004)	6 ± 8	4 ± 8	4 ± 12	-	4 ± 12	-
Vander Werff & Brow (2005),	18 ± 10	12 ± 8	9 ± 7	-	8 ± 7	-
Ruey-Fen Hsu et al (2011)	20 ± 8	16 ± 9	12 ± 9	-	11 ± 12	-

Foi observado que nas perdas auditivas sensorineurais, que é o caso dos portadores de PAIRO, a diferença entre os limiares comportamentais e fisiológicos são menores tendendo a se igualar, isto pode ser explicado pelo fenômeno de recrutamento que consiste em uma sensação de incômodo para sons de alta intensidade, pois para o recrutante a percepção do volume do som cresce de modo mais rápido que o habitual à medida que a intensidade aumenta. Uma orelha com padrão normal para audição tem seus limiares que se estendem da mínima audibilidade até um limiar máximo denominado de limiar de desconforto, essa faixa chama-se área dinâmica da audição. Logo, para os recrutantes essa faixa é menor porque têm o limiar de desconforto menor e, muitas vezes, o limiar auditivo maior, o que reduz sensivelmente seu campo dinâmico de audição.

Modelo de Regressão Linear

Correlação dos limiares auditivos comportamentais e fisiológicos

Foi obtido no presente estudo coeficientes de correlação (r^2) de 0,30; 0,15; 0,18; 0,57; 0,51 e 0,68 para as frequências de 0,5; 1, 2; 3; 4 e 6 kHz, respectivamente, ou seja, aumentam a correlação com o aumento da frequência. Na literatura verificamos a presença dos valores dos coeficientes de determinação (r) em torno de 0,7 para a frequência de 0,5 kHz e 0,8 para 1, 2 e 4 kHz (PICTON ET AL, 2002; HERDMAN E STAPELLS, 2003; VANDER WERFF & BROW, 2005).

No estudo de LINS (2002) para portadores de perdas auditivas, os limiares fisiológicos predisseram os limiares comportamentais com coeficientes de correlação entre 0,70 e 0,91.

Foram encontrados três artigos com a população de PAIRO pela utilização das respostas auditivas de estado estável. Para os autores RUEY-FEN HSU (2011) foram

achadas correlações entre 0,77 a 0,99. No estudo de HSU, WU E LIU (2003) foram obtidos valores para o coeficiente de correlação de 0,86; 0,92; 0,94 e 0,95 respectivamente para 0,5; 1, 2 e 4 kHz e no estudo de HSU et al (2010) descrevem valores entre 0,77 e 0,94 para os coeficientes de correlação.

No presente estudo, a pior correlação foi para a frequência de 1kHz e a melhor correlação foi para a frequência de 6kHz o que não corrobora com o estudo de SWANEPOEL, HUGO E ROODE (2004) em que obtiveram, exceto a 0,5 kHz, valores para o coeficiente de correlação de Pearson entre 0,58 e 0,74 entre as frequências avaliadas, com melhor correlação a 1 kHz e piores em 0,5 kHz entre as respostas fisiológicas e os limiares comportamentais.

Outro fato que merece discussão é o de que para alguns sujeitos os limiares fisiológicos foram menores do que os comportamentais (Ver Gráficos de Bland-Altman, valores negativos para alguns indivíduos em todas as frequências testadas), apesar de não ser muito visto na literatura este comportamento, este fato pode ser explicado por alguns indivíduos quererem, por algum motivo particular, exagerar sua perda auditiva ao realizar o teste subjetivamente por meio da Audiometria Tonal Limiar, mesmo em situação de pesquisa, pois para os participantes, eles estão sendo testados da mesma forma de que se estivessem num ambulatório realizando exames periódicos.

Duração da Testagem Fisiológica

A duração da testagem completa fisiológica foi 61 minutos e 32 segundos com limite superior (limite de confiança a 95%) de 86 minutos e 58 segundos. Podendo ser observado que tanto para testagem de sujeitos normais quanto para portadores de perda auditiva o tempo de testagem durou em torno de uma hora, o que é considerado, para uma avaliação eletrofisiológica, um tempo bastante curto se comparado a outros Potenciais Evocados Auditivos como por exemplo, o ABR, além de poder testar oito frequências objetivamente, sendo quatro em cada orelha, simultaneamente, podendo com isto obter um audiograma, portanto pode ser considerado um teste bastante vantajoso.

CONCLUSÕES

Foi possível prever os limiares comportamentais a partir dos limiares fisiológicos obtidos pelo MASTER tanto nos indivíduos normais quanto nos indivíduos com PAIRO. As diferenças entre os limiares comportamentais e fisiológicos puderam ser registradas de 10 a 15 dB nos controles normais e nos portadores de PAIRO até a frequência de 2kHz e após esta frequência a vai diminuindo para 3 e 4kHz, chegando a ser zero na frequência de 6kHz.

Foram observadas também as principais vantagens sobre os outros métodos de avaliação auditiva eletrofisiológica: a objetividade da análise dos registros, a seletividade de frequência das respostas dos potenciais evocados auditivos de estado estável e a menor tempo de registro, fazendo supor que, em breve, esta técnica assumirá um papel de destaque na audiometria objetiva.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Bland, JM, Altman, DG. Measuring agreement in method comparison studies. *Stat Methods Med Res*, 1999. 8:135-160.

Bland, JM, Altman, DG. Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement, *Lancet*, 1986 i:307-310.

Chambers RD, Feth LL, Burns EM. The relation between the human frequency-following response and the low pitch of complex tones. *J Acoust Soc Am* 1986;80:1673-1680.

De Almeida SIC, Albernaz PLM, Zaia PA, Xavier OG, Karazawa EHI. História natural da perda auditiva ocupacional provocada por ruído. *Rev Assoc Med Bras* 2000;46(2):143-58.

Ferraz OB, Freitas SV, Marchiori LLM. Análise das respostas obtidas por potenciais evocados auditivos de estado estável em indivíduos normais. *Rev. Bras. Otorrinolaringol.*, São Paulo, 2002: 68(4): 480-486.

Herdman AT, Stapells DK. Thresholds determined using the monotic and dichotic multiple auditory steady-state response technique in normal hearing subjects. *Scand Audiol* 2001; 30 (1): 41-9.

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

Hsu RF, Ho CK, Lu SN, Chen SS. Predicting hearing thresholds and occupational hearing loss with multiple-frequency auditory steady-state responses. *J Otolaryngol Head Neck Surg*. 2010 Oct;39(5):504-10.

Hsu WC, Wu HP, Liu TC. Objective assessment of auditory thresholds in noise-induced hearing loss using steady-state evoked potentials. *Clin Otolaryngol Allied Sci*. 2003 Jun;28(3):195-8.

Lins, OG, Picton TW, Boucher BL. Frequency-specific audiometry using steady-state responses. *Ear Hear*. 1996;17(2):81-96.

Lins, OG. *Audiometria Fisiológica Tonal utilizando Respostas de Estado Estável Auditivas de Tronco Cerebral [Tese]*. São Paulo: Universidade Federal de São Paulo; 2002.

Martínez-Beneito P; Morant Ventura A; Pitarch Ribas M I; García Callejo F J; Marco Algarra J. Steady state multi-frequency auditory evoked potentials as a technique to determine hearing threshold. *Acta otorrinolaringológica española* 2002;53(10):707-17.

Ministério do Trabalho. Portaria SSSTB n.19, de 09/04/98. Estabelece diretrizes e parâmetros mínimos para avaliação e acompanhamento da audição em trabalhadores expostos a níveis de pressão sonora elevados. *Diário Oficial da União - DOU*, São Paulo, 22 abr 1998.

Motta, VT. Caixas do Sul: Educes, 2006.2 ed.107-119.

Neter J, Kutner MH, Nachtsheim CJ, Wasserman W. Applied Linear Statistical Models (4 th ed.) New York, WCB/ Mc Graw-Hill, 1996.

Nudelman AA, Costa EA, Seligman J, Ibagñez RN. PAIR: perda auditiva induzida pelo ruído. Rio de Janeiro: Revinter; 2001. v. 2, cap. 1, p. 1-16.

Perez-Abalo MC, Sávio G, Torres A, Martim V, Rodrigues, E, Galan L. Steady state responses to multiple amplitude-modulated tones: an optimized method to test frequency-specific thresholds in hearing – impaired children and normal-hearing subjects. *Ear Hear* 2001;22(3):200-11.

Picton TW, Dimitrijevic A, John MS. Multiple auditory steady-state responses. *An Otol Rhinol Laryngol Suppl* 2002; 189:16-21.

Picton, TW, Dimitrijevic A, Perez-Abalo MC, Van Roon P. Estimating audiometric thresholds using auditory steady-state responses. *J Am Acad Audiol*.2005; 16(3):140-56.

Picton, TW. Van Roon P, John, MS. Human auditory steady-state responses during sweeps of intensity. *Ear Hear*. 2007; 28:542-557.

Rance, G, Rickards FW, Cohen LT, De Vidi S & Clark GM. The automated prediction of hearing threshold in sleeping subjects using auditory steady-state evoked potentials. *Ear Hear*.1995;16(5):499-507.

Regan D. Human Brain Electrophysiology: Evoked Potentials and Evoked Magnetic Fields in Science and Medicine. Amsterdam: Elsevier; 1989.

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

Ruey-Fen Hsu, Sgun-Sheng Chen, Sheng-Nan Lu, Chi-Kung Ho e Hsiu-Fen Lin. Dichotic multiple-frequency auditory steady-state responses in evaluating the hearing thresholds of occupational noise-exposed workers. *Kaohsiung Journal of Medical Sciences*, 2011;27(8)330-335.

Swanepoel D, Hugo R, Roode R. Auditory Steady-State response for children with severe to profound hearing loss. *Arch Otolaryngol Head Neck Surg*. 2004;130:531-35.

Souza LCA, Piza MRT, Alvarenga KF, Coser, PL. Eletrofisiologia da audição e emissões otoacústicas: princípios e aplicações clínicas. São Paulo:Tecmedd, 2008.

Swanepoel D, Hugo R, Roode R. Auditory Steady-State response for children with severe to profound hearing loss. *Arch Otolaryngol Head Neck Surg*. 2004;130:531-35.

Vander Werff KR, Brow CJ. Effect of audiometry configuration on threshold and auditory steady-state responses. *Ear Hear* 2005; 26(3):310-26.

ARTIGO ORIGINAL 2

Modelo de Protocolo para Triagem Audiológica Ocupacional com a utilização da Audiometria por Múltiplas Respostas Evocadas Auditivas de Estado Estável

Lira, F.S.; Menezes, D.C.; Lins, O.G.

Detalhamento dos autores:

Fabiana dos Santos Lira. Fonoaudióloga, Doutoranda em Neuropsiquiatria e Ciência do Comportamento pela Universidade Federal de Pernambuco.

Denise Costa Menezes. Fonoaudióloga. Doutora em Letras. Professora Adjunta do Departamento de Fonoaudiologia da Universidade Federal de Pernambuco.

Otávio Gomes Lins. Médico, Doutor em Medicina (Neurologia), Professor Adjunto do Departamento de Neuropsiquiatria e Ciência do Comportamento da Universidade Federal de Pernambuco.

Endereço para correspondência:

Rua Ourém, N. 303. Apt. 603, bl1. San Martin. Recife-PE.CEP: 50761-340.

Endereço eletrônico:

fafamo@ig.com.br

RESUMO

Introdução: As Respostas Evocadas Auditivas de Estado Estável já vêm sendo amplamente estudadas para prever limiares eletrofisiológicos em crianças e pacientes com dificuldade de responder à técnica convencional de Audiometria Tonal Limiar. No caso dos portadores de PAIRO, este método além de poder vir a ser utilizado para triagem auditiva ocupacional, pode auxiliar no caso dos indivíduos que por motivos pessoais querem se beneficiar de um diagnóstico de PAIRO. **Objetivo:** elaborar um modelo de protocolo para realização de triagem audiológica ocupacional do tipo passafalha através da Audiometria por Múltiplas Respostas Evocadas de Estado Estável e compará-lo à Audiometria Tonal (padrão-ouro para avaliação auditiva e verificar a duração do tempo da triagem. **Método:** Foram formulados dois protocolos, protocolo 1 (500, 100, 2000, 3000 e 4000 Hz) e o protocolo 2 (750, 1500, 3000 e 6 000Hz). Participaram do estudo 40 sujeitos, 20 com audição normal e 20 com Perda Auditiva Induzida por Ruído. O desenho do estudo foi transversal, descritivo e de validação de procedimento de diagnóstico. Para a análise automática das respostas evocadas de estado estável foi utilizado o *Fast Fourier Transform*. Foi usada a tabela de contingência para estudar a especificidade, a sensibilidade, o valor preditivo positivo e o valor preditivo negativo dos testes e também foi realizado um Modelo de equação logística. **Resultados:** foi usada a tabela de contingência e um modelo de Regressão Logística foi criado para estudar a medida da associação estatística através do Odds Ratio. Teste Exato de Fisher foi significativo para todas as frequências. O Odds Ratio mostrou que, para a frequência de 6 kHz, há 22 vezes maior chance de ser encontrada a PAIR, quando ela existir, do que considerar o sujeito como normal. E o Kappa mostrou-se maior para a frequência de 6 kHz e menor quanto mais baixa fosse a frequência. Apresentou sensibilidade de 90% e especificidade de 80%. A duração da triagem para 50 dB NPS foi 2 minutos e 5 segundos. **Conclusão:** A triagem 'passafalha' com utilização das Múltiplas Respostas Evocadas de Estado Estável pode ser considerada como um bom modelo estatístico, entretanto se faz necessário o aperfeiçoamento deste modelo apresentado.

Palavras-chave: Potencial Evocado Auditivo de Estado Estável, Respostas Evocadas Auditivas de Estado Estável, Perda Auditiva Induzida por Ruído.

INTRODUÇÃO

A Perda Auditiva Induzida por Ruído Ocupacional é uma disfunção auditiva cumulativa e insidiosa, que cresce ao longo de anos de exposição, associada ao ambiente de trabalho. É causada por qualquer exposição que exerça uma média de 85dB (A), oito horas por dia, regularmente, por um período de vários anos (Nudelmann e colaboradores, 2001).

A PAIRO é definida como uma diminuição auditiva gradual da acuidade auditiva decorrente da exposição continuada a níveis elevados de pressão sonora, sendo suas características: sempre sensorineural, em razão do dano causado às células do órgão de Corti situado na cóclea; uma vez instalada, a PAIRO, é irreversível e quase sempre similar bilateralmente; raramente leva à perda auditiva profunda, pois geralmente, não ultrapassa os 40 dB NA (nível de audição) nas frequências altas; manifesta-se, primeira e predominantemente, nas frequências de 6,4 ou 3 kHz e, com o agravamento da lesão, estendendo-se nas frequências de 8; 2; 1; 0.5 e 0.25 kHz as quais levam mais tempo para serem comprometidas (Portaria SSSTB N.19 do Ministério do Trabalho de 09/04/98).

Tratando-se de uma patologia coclear, o portador de PAIRO pode apresentar intolerância a sons intensos e zumbidos, além de ter comprometida a inteligibilidade de fala; a PAIRO não torna a orelha mais sensível a futuras exposições a ruídos intensos. À medida que os limiares auditivos aumentam, a progressão da perda torna-se mais lenta; a PAIRO geralmente atinge seu máximo para as frequências de 3,4,6 kHz nos primeiros 10 a 15 anos de exposição sob condições estáveis de ruído; não deverá haver progressão da perda uma vez cessada a exposição ao ruído intenso (Comitê Nacional de Ruído e Conservação Auditiva, 1994).

A audiometria é o método que introduz a noção de medida em audiologia. Tem por finalidade fixar o limiar de audição em cada frequência. O audiômetro elétrico emite sons puros de frequências conhecidas e variáveis, geralmente de 125 a 8000 Hertz (Hz), ao mesmo tempo em que, para cada som, produz intensidades conhecidas e variáveis (Hungria, 2000). Porém, tem a desvantagem de necessitar da participação do paciente na obtenção dos limiares auditivos, portanto é uma medida subjetiva de audição.

Um outra forma de avaliar a PAIRO se dá pela medida da função coclear através das Emissões Otoacústicas (EOA) que são energias sonoras de fraca intensidade amplificadas pela contração das células ciliadas externas da cóclea, podendo ser captadas no meato acústico externo (Figueiredo, 2003).

As EOA são registradas na grande maioria dos indivíduos que apresentam audição normal (Pialarissi, Gattaz, 1997; Basseto, *et al.*, 1998). Sua obtenção só é possível caso o paciente apresente perda auditiva leve de até 30dB NA para as emissões evocadas transientes, e de até 45 a 50dB NA para as emissões evocadas por produto de distorsão (Frota, 1998; Munhoz *et al.*, 2003). A maior desvantagem da utilização das EOA é que não são adequadas para a avaliação de limiares auditivos sendo mais usado no caso do monitoramento auditivo da função coclear.

Dentre os potenciais evocados, a Audiometria de tronco cerebral (ABR) é a mais utilizada na prática clínica (Souza et al, 2007). Uma das suas maiores limitações é a falta de seletividade de frequência do estímulo sonoro comumente usado, o clique (Valete Lima, 2000), pois este permite a obtenção da atividade eletrofisiológica do sistema auditivo apenas na faixa de frequências de 2 a 4 kHz, o que dificulta a obtenção do diagnóstico nos casos de PAIRO.

A avaliação da audição ocupacional poderia ser objetivamente realizada através das Respostas Evocadas Auditivas de Estado Estável (REAEE) cujos componentes de frequência se mantêm constantes ao longo do tempo. O estímulo apresenta características interessantes para propósitos da audiometria tonal, pois permite testar a acuidade auditiva à frequência que o tom foi modulado.

Portanto, seria muito útil a realização da audiometria eletrofisiológica por meio de uma técnica simples e eficiente que fornecesse os limiares para as diversas frequências importantes no caso da PAIRO (isto é, uma audiometria fisiológica tonal) que pode ser realizada pela Audiometria por Múltiplas Respostas Evocadas de Estado Estável.

Este estudo teve por objetivo elaborar um modelo para realização de triagem audiológica ocupacional através de um protocolo pré-estabelecido com utilização da Audiometria por Múltiplas Respostas Evocadas de Estado Estável e compara-lo à Audiometria Tonal (padrão-ouro para avaliação auditiva).

MÉTODOS

Local do Estudo

A pesquisa foi desenvolvida no laboratório de Neurofisiologia Clínica do setor de Neurologia e no ambulatório de Audiologia Clínica, ambos do Hospital das Clínicas da Universidade Federal de Pernambuco e no ambulatório de Audiologia da Clínica CEMOF – Clínica de Medicina Ocupacional Octávio de Freitas (Cartas de Anuência em anexo).

O laboratório de Neurofisiologia faz atendimentos ao público em geral do HC através de exames neurológicos, como o eletroencefalograma e exames eletromiográficos. Recebe também estudantes de graduação e pós-graduação da UFPE para desenvolvimentos de pesquisas na área eletrofisiológica.

No caso da presente pesquisa, o equipamento MASTER pertence ao orientador deste estudo. É uma ferramenta que consiste de um programa, desenvolvido no Canadá pelo Dr. Terry Picton, acoplado a um computador. A nova versão (Navigator Pro-MASTER) é vendida pelo fabricante *Bio-logics - NATUS MEDICAL INCORPORATED*. Existe um site onde podem ser encontradas várias informações recentes a respeito do referido programa, bem como pesquisas atuais sobre o assunto: www.mastersystem.ca

O laboratório de Audiologia do Hospital das Clínicas é vinculado ao Departamento de Fonoaudiologia da UFPE. Realiza atendimentos ao público em geral e também recebe estudantes de graduação e pós-graduação para desenvolvimento de pesquisas audiológicas.

A Clínica de Medicina Ocupacional – CEMOF fica situada no bairro do Derby em Recife-PE. Atende as diversas especialidades médicas, realiza exames de laboratórios, clínicos e principalmente ocupacionais. No CEMOF há duas salas de Audiologia onde foi realizada parte da coleta de dados da presente pesquisa tanto audiometria como também foi montado, pela própria pesquisadora, o equipamento MASTER, sendo assim realizada a Audiometria por Múltiplas Respostas Evocadas Auditivas de Estado Estável nos voluntários.

Delineamento da Pesquisa

Estudo transversal, pois trata-se de uma pesquisa que foi realizada num determinado momento particular; descritivo porque tem por objetivo descrever sobre a distribuição das características auditivas em indivíduos expostos a ruído ocupacional; e de validação de procedimento de diagnóstico, uma vez que vai se verificar se um novo teste de diagnóstico é válido e confiável comparado ao padrão-ouro (PEREIRA, 1995).

População do Estudo

Foram estudados 40 indivíduos dos sexos feminino e masculino que realizavam suas funções laborais em ambiente insalubre expostos a ruído ocupacional. Destes, 20 com audição dentro do padrão de normalidade (sendo 10 indivíduos do sexo masculino e 10 do sexo feminino) e 20 com PAIRO (sendo 12 do sexo masculino e 8 do sexo feminino).

Quanto ao número de orelhas, a amostra do estudo foi constituída por 35 orelhas normais e 39 com PAIRO, totalizando um universo de 74 orelhas.

Amostragem

Os indivíduos que participaram da pesquisa foram recrutados em dois locais:

- Lavanderia do Hospital das Clínicas – UFPE. Neste ambiente havia indivíduos que trabalhavam pelo próprio hospital e outros terceirizados. Portanto, foi solicitado cartas de anuência tanto da chefia da lavanderia quanto da chefia das duas empresas terceirizadas prestadoras de serviço ao HC. As funções destes indivíduos eram de costureiros, operadores de máquinas de lavar e separadores de roupas da lavanderia.
- CEMOF – Clínica de Medicina Ocupacional. Local onde muitos trabalhadores realizam seus exames médicos. As funções dos sujeitos eram as mais diversas: técnicos em eletrônica, mecânicos, telefonistas e operadores de diversas máquinas industriais.

Todos foram convidados a realizar os exames audiológicos. Os que concordavam em participar eram esclarecidos sobre a pesquisa e assinavam o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.

- Procedimentos:

Audiometria Tonal Limiar:

Inicialmente foi realizada avaliação audiométrica tonal limiar com 20 indivíduos (40 orelhas) com limiares auditivos dentro do padrão de normalidade, sendo considerados normais limiares até 25 dB NA, nas frequências de 250, 500, 1000, 2000, 3000, 4000, 6000 e 8000 Hz por via aérea e em 500, 1000, 2000, 3000 e 4000 Hz por via óssea com utilização dos fones supra-aurais TDH-39 e vibrador ósseo B - 71.

Foi realizada em todos os participantes a meatoscopia prévia para descartar problemas de impedimento à passagem do som, como nos casos de presença de rolha de cera e problemas condutivos foram excluídos do estudo pelo resultado da avaliação comportamental pela Audiometria Tonal Limiar (existência de *gap* aéreo/ósseo). Foram utilizados otoscópios da marca Mikatos e o Mini 3000 da Heine.

Foi utilizado o Audiômetro do Fabricante Maico, modelo MA 41, Número de série 68278, também foi utilizado um audiômetro da Marca Interacoustics, Modelo 227 devido a pesquisa ter sido realizada em dois locais de estudo distintos, mas foi realizada a calibração biológica na própria examinadora nos dois equipamentos sempre antes da realização dos testes.

A realização da audiometria tonal foi feita em cabina acústica. Os estímulos em tom puro foram apresentados através da técnica descentende-ascendente para obtenção dos limiares tonais.

Audiometria por Múltiplas Respostas Evocadas de Estado Estável:

Foram avaliados 20 indivíduos pelos protocolos 1 e 2 (detalhados abaixo). Foi utilizada sala silenciosa e na penumbra com os participantes acomodados em poltrona reclinável ou maca.

Protocolo 1: Foram avaliados os múltiplos tons ou frequências portadoras de 500, 1000, 2000 e 4000 kHz simultaneamente e em ambas as orelhas, sendo apresentados oito estímulos (quatro em cada orelha) modulados 100% em amplitude, nas frequências de modulação de 80.08; 84.01; 89.84; 94.73 Hz para a orelha direita; e 78.12; 83.01; 86.91; 91.80 Hz para a orelha esquerda respectivamente para cada portadora. Os estímulos foram apresentados ao indivíduo por meio de fones de inserção EAR3A com intensidade que variou de 100 a 10dB NPS de forma decrescente até a obtenção do limiar eletrofisiológico.

Protocolo 2: Foram avaliados os múltiplos tons ou frequências portadoras de 750, 1500, 3000 e 6000 kHz simultaneamente e em ambas as orelhas, sendo apresentados oito estímulos (quatro em cada orelha) modulados 100% em amplitude, nas frequências de modulação de 80.08; 84.01; 89.84; 94.73 Hz para a orelha direita; e 78.12; 83.01; 86.91; 91.80 Hz para a orelha esquerda respectivamente para cada portadora. Também com intensidade que variou de 100 a 10dB NPS de forma decrescente até a obtenção do limiar eletrofisiológico.

Consideração: As frequências de 750 e de 1500 Hz foram utilizadas neste estudo apenas como formatação do protocolo 2 para que fossem englobadas as frequências de 3 e 6 kHz, separadas, assim, por bandas de oitavas.

RESULTADOS

Foram avaliados pela audiometria tonal (avaliação comportamental) e pelo MASTER (avaliação fisiológica) um total de 40 sujeitos expostos a ruído ocupacional, sendo 20 controles normais e 20 portadores de PAIRO. Nos normais, das 40 orelhas avaliadas, 5

foram excluídas, pois como foi optado por fazer o método descendente de 10 em 10 dB na pesquisa de limiar, esses 5 sujeitos ficaram com limiares superiores a 30 dB o que os deixam excluídos da normalidade auditiva, ou seja, se tivesse sido realizado de 5 em 5 dB, esses 5 sujeitos teriam seus limiares em torno de 25 dB a 30dB.

No que se refere aos portadores de PAIR, das 40 orelhas avaliadas, 1 sujeito foi excluído por não ter perda auditiva para a frequência de 6 kHz, frequência esta que utilizamos como caracterização da Perda Induzida por Ruído juntamente com as frequências de 3 e 4 kHz.

A tabela 1 mostra a caracterização da população estudada. Com relação à idade da população dos controles a média foi de 42 anos. Para os portadores de PAIRO a média foi de 47 anos. Quanto ao sexo, a distribuição dos controles foi igual para ambos os sexos (50%). Para os portadores de PAIRO, 12 eram do sexo masculino (60%) e 8 (40%) eram do sexo feminino. Com relação ao tempo de exposição ao ruído, em anos de trabalho, a média foi de 13 anos para os controles e de 20 anos para os sujeitos com PAIRO.

Tabela 1 – Distribuição das características da população do estudo

Condição	N	Idade (anos) Média (dp)	Sexo				Orelhas	Tempo de exposição ao ruído (em anos) Média (dp)
			Masculino/Feminino		Masculino/Feminino			
			N	%	N	%		
PAIR	20	47 (13)	12	60	8	40	35	20
Normal	20	42 (12)	10	50	10	50	39	13

Para que fossem construídas tabelas de contingência para o estabelecimento de um modelo ‘passa-falha’ para o MASTER em portadores de PAIRO foi preciso estabelecer um ponto de corte como critério de inclusão para os controles normais (indivíduos expostos a ruído ocupacional, mas que não tinham PAIRO). Para isso foi estabelecido o critério de 30 dB NA mais o fator de correção da Norma ISO para conversão de dB NA para dB NPS. Para os sujeitos portadores de PAIRO foi estabelecido o critério de 50 dB NPS, ou seja, a partir de 50 dB NPS o indivíduo era considerado portador de PAIRO, o que equivale ao Percentil 95 do grupo normal e também é aproximadamente igual ao somatório do critério do ponto de corte em dB NA (30) mais a diferença do limiar fisiológico e o comportamental mais o fator de correção da ISO, como podemos observar nos quadros abaixo.

Quadro 1 – Critério ‘passa-falha’ em NPS para os controles

	500Hz	1000Hz	2000Hz	3000Hz	4000Hz	6000Hz
Critério (NA)	30	30	30	30	30	30
*ISO	10,1	7,2	9,5	7,1	8,3	10
Critério (NPS)	40	37	40	37	38	40

Quadro 2 – Critério ‘passa-falha’ para os portadores de PAIRO

	500Hz	1000Hz	2000Hz	3000Hz	4000Hz	6000Hz
Critério (NA)	30	30	30	30	30	30
Diferença de limiar (fisiológico - tonal)	11	15	13	12	16	12
*ISO	10,1	7,2	9,5	7,1	8,3	10
Somatório	51	52	53	49	55	52
Critério (NPS)	50	50	50	50	50	50

A tabela 6 é uma tabela de contingência que mostra a caracterização da PAIRO para as frequências de 0,5; 1; 2; 3; 4 e 6 kHz. Mostra que o Teste Exato de Fisher (TEF) foi significativo para todas as frequências (não atravessa o zero). O Odds Ratio (razão de chances) mostrou que, para a frequência de 6 kHz, há 22 vezes maior chance de ser encontrada a PAIRO, quando ela existir, do que considerar o sujeito como normal. E o Kappa mostrou-se maior (0,62) para a frequência de 6 kHz e menor quanto mais baixa fosse a frequência (0,37 para 0,5 kHz).

Tabela 6 – Tabela de Contigência. Caracterização da PAIR para as frequências de 0,5; 1,0; 2,0, 3,0; 4,0 e 6kHz.

FISIOLÓGIC A	COMPORTAMENTAL		P (TEF)	OR	IC95%	Kappa	
	Sim	Não					
6 KHz	Sim	35	10	<0,001	22	5,4 a 96	0,62
	Não	4	25				
4 KHz	Sim	31	6	<0,001	14	4,0 a 52	0,57
	Não	10	27				
3 KHz	Sim	23	3	<0,001	19	4,3 a 94	0,54
	Não	14	34				
2 KHz	Sim	11	12	<0,001	22	3,8 a 171	0,50
	Não	2	49				
1 KHz	Sim	9	12	<0,001	19	3,2 a 149	0,46
	Não	2	51				
0,5 KHz	Sim	8	15	<0,001	13	2,2 a 101	0,37
	Não	2	49				

TEF: Teste Exato de Fisher; OR: Odds Ratio; IC 95%: Intervalo de Confiança de 95%

Modelo de Regressão Logística – Equação e Efeito geral do modelo

Foi realizado também um Modelo de equação logística, ou seja, para saber se um sujeito passou ou falhou na triagem coloca-se os limiares encontrados na equação mostrada abaixo.

Esse modelo mostra um efeito protetor (valor negativo) para a frequência de 1 kHz, ou seja, os controles possuem a frequência de 1kHz presentes e até 30 dB NA.

$$\text{Logit (GRUPO)} = -2.35 - 1.92 \text{ 1KHz} + 1.82 \text{ 3KHz} + 1.75 \text{ 4KHz} + 2.69 \text{ 6Hz}$$

	X^2	P
Modelo	47.11	<0,0001

Modelo de Regressão logística – Parâmetros e efeitos dos Termos

Termo	Coefficiente	X^2	P	OR	IC95%
Constante	-2,35	21,42	<0,0001	0,10	0,03 a 0,33
1 KHz	-1,92	4,90	0,0268	0,15	0,023 a 0,95
3 KHz	1,82	4,72	0,0299	6,17	1,14 a 33,51
4 KHz	1,75	5,16	0,0231	5,74	1,20 a 27,40
6 KHz	2,69	14,63	0,0001	14,70	3,21 a 67,19

Regressão Logística – Desempenho do modelo na triagem

A triagem ‘passa-falha’ com utilização do MASTER pode ser considerada como um bom modelo estatístico. As orelhas que foram identificadas por ambos as testagens, tanto pelo padrão-ouro (comportamental) quanto pelo modelo fisiológico apresentado por esse estudo foi de 35; 28 orelhas que não tinham PAIRO pela testagem do padrão-ouro também foram identificadas como não tendo perda auditiva pela testagem realizada pelo presente modelo, logo de um universo de 74 orelhas estudadas, 63 foram corretamente identificadas pelo modelo apresentado; 7 orelhas foram identificadas como PAIRO apenas pelo modelo e não pelo padrão-ouro (falso-positivo) e 4 orelhas foram identificadas como PAIRO apenas pelo padrão-ouro e não pelo modelo fisiológico (falso-negativo). Apresentou sensibilidade de 90%, percentagem dos casos que foram corretamente identificadas pelo modelo e especificidade de 80%, percentagem dos casos que não tinham PAIRO e foram corretamente identificados como não portadores de PAIRO. Apresentou Valor Preditivo Positivo de 83%, percentagem dos casos que foram triados e que realmente tinham PAIRO e Valor Preditivo Negativo de 88%, percentagem dos casos que foram identificados como não tendo PAIR e que realmente não tinham PAIRO.

		COMPORTAMENTAL	
		Sim	Não
FISIOLÓGICA	Sim	35	7
	Não	4	28

Estatística

Teste Exato de Fisher (P)	0,000
Odds Ratio (OR)	35
Limites de confiança do OR	8 - 171
Sensibilidade	90%
Especificidade	80%
Valor Preditivo Positivo	83%
Valor Preditivo Negativo	88%

Duração da Triagem Passa-Falha

Para a testagem da triagem passa-falha em uma intensidade, de 50 dB NPS, foi verificado um tempo de 2 minuto e 5 segundos com limite superior (limite de confiança a 95%) de 3 minutos e 57 segundos, mostrando um tempo bastante curto, logo bastante vantajoso.

DISCUSSÃO

O propósito do presente estudo foi verificar se os limiars obtidos pela Audiometria por Múltiplas Respostas Evocadas de Estado Estável podem estimar os limiars obtidos pela Audiometria tonal limiar (padrão-ouro para avaliação auditiva) em indivíduos submetidos a ruído ocupacional para que a partir disso fosse elaborado um protocolo de Triagem ‘passa-falha’ para que no futuro próximo, após aperfeiçoamentos do modelo, o mesmo pudesse vir a ser utilizado na clínica audiológica ocupacional como uma ferramenta objetiva de contribuição para o fechamento de diagnósticos.

Estabelecemos um critério para o ponto de corte de 30 dB NA, ou seja, até 30 dB NA o sujeito era considerado normal para PAIRO, já que realizamos a Audiometria Tonal a passos de 10 dB (método descendente para obtenção dos limiars comportamentais) mais o fator de correção da Norma ISO para conversão de dB NA para dB NPS. Logo, encontramos os seguintes valores como critério ‘passa-falha’ para os normais de 40, 37, 40, 37, 38 e 40 dB NPS respectivamente para 0,5; 1,0; 2,0; 3,0; 4,0 e 6,0 kHz, ou seja, em torno de até 40NPS como critério de normalidade auditiva para todas as frequências testadas. Para os sujeitos portadores de PAIRO foi estabelecido o critério de 50 dB NPS, ou seja, a partir de 50 dB NPS o indivíduo era considerado portador de PAIRO. Esses achados corroboram com os da literatura que referem limiars normais eletrofisiológicos maiores (entre 10 a 20 dB em média) que os limiars tonais (Hatzopoulos e colaboradores, 2009; Ozdeck e colaboradores, 2009; Rodrigues, Lewis, 2010 Qian et al, 2010).

Foi usada a tabela de contingência e um modelo de Regressão Logística foi criado para estudar a medida da associação estatística através do Odds Ratio. A sensibilidade, a especificidade, o valor preditivo positivo e o valor preditivo negativo dos testes foram também verificados. Foi, possível, portanto, verificar através dos resultados desta regressão logística, o Odds Ratio que mostrou, para a frequência de 6 kHz, que há 22 vezes maior chance de ser encontrada a PAIRO, quando ela existir, do que considerar o sujeito como normal. E o Kappa mostrou-se maior para a frequência de 6 kHz e menor quanto mais baixa fosse a frequência, ou seja, de 0,5 kHz. Apresentou sensibilidade de 90% e especificidade de 80%, sendo considerado um bom modelo estatístico.

CONCLUSÃO

A triagem ‘passa-falha’ com utilização das Múltiplas Respostas Evocadas de Estado Estável pode ser considerada como um bom modelo estatístico, entretanto se faz necessário o aperfeiçoamento do modelo apresentado.

Foram confirmadas também as principais vantagens sobre os outros métodos de avaliação auditiva eletrofisiológica: a objetividade da análise dos registros, a seletividade de frequência das respostas dos potenciais evocados auditivos de estado estável e a menor tempo de registro, fazendo supor que, em breve, esta técnica assumirá um papel de destaque na audiometria objetiva.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Basseto MC, et al. Neonatologia: Um Convite à Atuação Fonoaudiológica. 3ª ed. São Paulo: Lovise, 1998. p. 289-93.

BRASIL.Ministério do Trabalho. *Comitê Nacional de Ruído e Conservação Auditiva*.Perda Auditiva Induzida por Ruído Relacionada ao Trabalho.São Paulo, 29/06/94 (Boletim n.1).

De Sousa, LCA; Rodrigues, LS, Piza, MRT, Ferreira, DR., Ruiz, DB. Achado ocasional de doenças neurológicas durante a pesquisa da surdez infantil através do BERA. Revista Brasileira de Otorrinolaringologia, 2007;73(3).

Figueiredo MS. Conhecimentos essenciais para entender bem Emissões Otoacústicas e Bera. São José dos Campos: Pulso; 2003.

Frota S. Fundamentos em Audiologia. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan,1998.

Hatzopoulos S, Ciorba A, Petrucci J, Grasso D, Sliwa L, Kochanel K et al. Estimation of pure-tone thresholds in adults using extrapolated distortion product otoacoustic emission input/output-functions and auditory steady-state responses.Int. J Audiol.2009;48(9):625-31.

Hungria H. *Otorrinolaringologia*. 8ª ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2000.

Lins, OG. Audiometria Fisiológica Tonal utilizando Respostas de Estado Estável Auditivas de Tronco Cerebral [Tese]. São Paulo: Universidade Federal de São Paulo; 2002.

Ministério do Trabalho. Portaria SSSTB n.19, de 09/04/98. Estabelece diretrizes e parâmetros mínimos para avaliação e acompanhamento da audição em trabalhadores expostos a níveis de pressão sonora elevados. Diário Oficial da União-DOU, São Paulo, 22 abr 1998.

Munhoz MSL, Caovilla HH, Silva MLG, Ganança M.M. Audiologia Clínica (série otoneurológica). São Paulo:Editora Atheneu, 2003.

Nudelmann AA, Costa EA, Seligman J, Ibagñez RN. PAIR: perda auditiva induzida pelo ruído. Rio de Janeiro: Revinter; 2001, v 2, cap. 1, p. 1-16.

Ozdeck A, Karacay M, Saylam G, Tatar E, Aygener N, Korkmaz MH. Comparison of pure tone audiometry and auditory steady-state responses in subjects with normal hearing and hearing loss. Eur Arch Otorhinolaryngol.2009 Jun 18.[Epub ahead of print].

Pereira, MG. Epidemiologia: Teoria e Prática. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1995. cap.13, p.289-306.

Pialarissi PR, Gattaz G. Emissões otoacústicas: conceitos básicos e aplicações clínicas. *Rev Arquivos da Fundação Otorrinolaringologia* 1997; 1 (2): 13-6.

Qian L, Yi W, Xingqi L, Yinsheng C, Wenying N, Lili X, Yinghui L. Development of tone-pip auditory brainstem responses and auditory steady-state responses in infants aged 0-6 months. *Acta Otolaryngol.* 2010 Jan 21. [Epub ahead of print].

Regan D. *Human Brain Electrophysiology: Evoked Potentials and Evoked Magnetic Fields in Science and Medicine*. Amsterdam: Elsevier; 1989.

Rodrigues GR, Lewis DR. Threshold prediction in children with sensorineural hearing loss using the auditory steady-state responses and tone-evoked auditory brain stem response. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol.* 2010;74(5):540-6.

Valete, CM, Lima, MAMT. Audiometria de Tronco Encefálico com Tone Pip: Uma Estimativa do Limiar Auditivo Eletrofisiológico em 1.000 Hz. *Rev. Bras. Otorrinolaringol*, 2000; 66 (3):233-240.

Wei WWS. Estimaion of the Espectrum. In: *Time Series Analysis: Univariate And Multivariate methods*. Redwood City: Addison-Wesley; 1990.p.256-287.

Zurek PM. Detectability of transient and sinusoidal otoacoustic emissions. *Ear Hear.* 1992; 13:307-310.