

# Potencial evocado auditivo de estado estável em frequências portadoras acima de 4000 Hz

## Auditory steady-state evoked potentials at carrier frequencies above 4000 Hz

Aline Tenório Lins Carnaúba<sup>1</sup>, Pedro de Lemos Menezes<sup>2</sup>, Ilka do Amaral Soares<sup>2</sup>, Kelly Cristina Lira de Andrade<sup>1</sup>, Otávio Gomes Lins<sup>3</sup>

### RESUMO

**Introdução:** O potencial evocado auditivo de estado estável (PEAEE) tem sido apontado como uma técnica promissora para avaliar a audição de pacientes que não cooperam espontaneamente na determinação dos limiares auditivo. Embora estudos relatem desempenho diminuído nas frequências portadoras acima de 4000 Hz, são necessários avanços técnicos para determinar a sua utilidade clínica, pois o uso dessas frequências pode contribuir para um melhor diagnóstico audiológico.

**Objetivo:** Analisar os potenciais evocados auditivos de estado estável, em frequências portadoras acima de 4000 Hz. **Métodos:** A avaliação dos PEAEE foi realizada de forma isolada e combinada, nas intensidades de 50 dBNPSpe e 80 dBNPSpe, nas frequências portadoras de 6000 e 8000 Hz, com o sistema de aquisição e análise MASTER. **Resultados:** Foi realizada análise de variância (ANOVA *two-way*), em que se encontrou diminuição das amplitudes, quando relacionadas às intensidades e às condições do estímulo. **Conclusão:** Foi possível avaliar as frequências portadoras de 6000 e 8000 Hz, tanto de forma isolada, quanto combinada. Não houve interações entre as frequências portadoras de 6000 Hz e 8000 Hz, quanto à forma de apresentação (combinada e isolada) e intensidade, para a amostra estudada.

**Palavras-chave:** Potenciais evocados auditivos; Audição; Audiometria

### ABSTRACT

**Introduction:** The auditory steady-state evoked potentials (ASSEPs) has been identified as a promising technique for assessing hearing in patients who do not cooperate spontaneously in determining auditory thresholds. Although studies report decreased performance at carrier frequencies above 4000 Hz, technical advancements to determine its clinical utility is necessary because the use of these frequencies can contribute to a better audiological diagnosis. **Purpose:** Aimed to analyze the general auditory steady-state response at carrier frequencies above 4000Hz. **Methods:** Evaluation of ASSEPs combined and isolated at the intensities of 50 SLPpe and 80 SLPpe at the carrier frequencies 6000 Hz to 8000 Hz, with the signal acquisition and analysis system MASTER. **Results:** Analysis of variance (two-way ANOVA), which found decreased amplitudes when related to the intensity and the stimulus conditions. **Conclusion:** It was possible to evaluate the carrier frequencies 6000 Hz and 8000 Hz, either alone or combined. There were no interactions between the carrier frequencies 6000 Hz to 8000 Hz in both forms of presentation (combined and isolated) and intensity, for the sample.

**Keywords:** Auditory evoked potentials; Hearing; Audiometry

Trabalho realizado no Laboratório de audição e Tecnologia (LATEC), Universidade Estadual de Ciências da Saúde de Alagoas – UNCISAL – Maceió (AL), Brasil. (1) Programa de Pós-graduação (Doutorado) em Biotecnologia em Saúde, Rede Nordeste de Biotecnologia (RENORBIO), Universidade Federal de Alagoas – UFAL – Maceió (AL), Brasil.

(2) Universidade Estadual de Ciências da Saúde de Alagoas – UNCISAL – Maceió (AL), Brasil.

(3) Universidade Federal de Pernambuco – UFPE – Recife (PE), Brasil.

**Conflito de interesses:** Não

**Contribuição dos autores:** ATLC pesquisadora principal, elaboração da pesquisa, elaboração do cronograma, levantamento da literatura, coleta e análise dos dados, redação, submissão e trâmites do artigo; PLM coorientador, elaboração da pesquisa, elaboração do cronograma, análise dos dados, correção da redação do artigo; IAS coorientadora, elaboração da pesquisa, elaboração do cronograma, análise dos dados, correção da redação do artigo, aprovação da versão final; KCLA pesquisadora, levantamento da literatura, coleta e análise dos dados, redação do artigo; OGL orientador, elaboração da pesquisa, elaboração do cronograma, análise dos dados, correção da redação do artigo, aprovação da versão final.

**Autor correspondente:** Aline Tenório Lins Carnaúba. E-mail: grupodepesquisalatec@gmail.com

**Recebido:** 29/12/2016; **Aceito:** 25/4/2017

## INTRODUÇÃO

A avaliação dos potenciais evocados auditivos de estado estável (PEAEE) é amplamente indicada como ferramenta na determinação dos limiares eletrofisiológicos, permitindo a detecção objetiva das respostas, através de análise estatística. Usando frequências de modulação de 80 Hz ou acima, o PEAEE provou ser um método confiável para estimar os limiares eletrofisiológicos<sup>(1,2)</sup>.

No entanto, ainda não existe consenso sobre protocolos de diagnósticos clínicos utilizados. Além disso, a realização dos PEAEE com frequências portadoras acima de 4000 Hz é pouco referida. Estudos relataram diminuição da amplitude e do desempenho na determinação dos limiares eletrofisiológicos, quando utilizadas frequências portadoras abaixo de 500 Hz<sup>(3)</sup> e acima de 4000 Hz<sup>(4)</sup>.

Um modelo qualitativo das frequências portadoras foi sugerido por estudos, seguindo o padrão U, talvez se espelhando na curva mínima audível. Por este modelo operacional, foi referido que a diminuição da amplitude e da precisão na determinação dos limiares é encontrada quando a frequência portadora é reduzida ou aumentada além da faixa ideal (500 Hz a 4000 Hz), ou seja, em direção aos extremos audiométricos<sup>(3,4,5,6,7)</sup>.

Para definir melhor o modelo operacional, pareceu útil, neste estudo, avaliar as frequências portadoras acima de 4000 Hz, verificando se existe ou não uma diferença sistemática na precisão e nas amplitudes dos PEAEE.

Assim sendo, a técnica ainda precisa ser aprimorada para que apresente resultados padronizados, com protocolos que possam ser reproduzidos em populações clínicas. O objetivo principal deste estudo foi analisar os potenciais evocados auditivos de estado estável, em frequências portadoras acima de 4000 Hz e, como objetivos específicos, verificar se há interação entre as frequências portadoras de 6000 Hz e 8000 Hz, quanto à forma de apresentação (combinada e isolada) e intensidade.

## MÉTODOS

Trata-se um estudo prospectivo de corte transversal, observacional e analítico, aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal de Pernambuco, mediante parecer nº 165.922. Todos os participantes assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.

Fizeram parte do estudo dez indivíduos (20 orelhas), selecionados conforme os seguintes critérios de inclusão: idade entre 18 e 45 anos e limiares auditivos iguais ou inferiores a 20 dBNA, com diferenças entre as orelhas, por frequência, iguais ou inferiores a 10 dB. Foram excluídos aqueles que apresentavam exposição a ruído ocupacional ou de lazer, cirurgias na orelha média e/ou interna, mais de três infecções de orelha média, uso de medicação ototóxica, alterações hormonais, presença de zumbido, vertigens, tonturas, ou outras alterações cocleovestibulares.

Inicialmente, para a triagem dos participantes, foi aplicado um questionário sobre a história de saúde geral e da função auditiva. Logo após, foram realizados os seguintes procedimentos: otoscopia, audiometria tonal limiar e os potenciais evocados auditivos de estado estável.

O exame dos PEAEE foi feito com o sistema de aquisição e análise *Multiple Auditory Steady-State Response* (MASTER®). Para preparação da região dos eletrodos, foi utilizado álcool a 70% e, para esfoliação, pasta abrasiva (Nuprep®). Em seguida, os eletrodos tipo descartáveis (marca 3M®) foram colocados nas derivações clavícula direita (eletrodo terra), Cz (eletrodo ativo) e abaixo da linha do cabelo (eletrodo referência). As avaliações foram conduzidas apenas quando a impedância entre os eletrodos conectados à pele apresentava-se inferior a 5kΩ.

Os voluntários foram acomodados em uma cadeira reclinável, em decúbito dorsal, de maneira confortável, com o objetivo de permitir o adequado relaxamento muscular. Durante o exame, permaneceram com os olhos fechados. Não foi feito nenhum tipo de sedação.

Foram promediadas até 32 varreduras, para obtenção do valor de  $p < 0,05$ . Quando atingido o nível de significância esperado, este foi confirmado em, pelo menos, dois estímulos subsequentes. A rejeição automática de artefatos foi definida em 40 nV e a coleta foi interrompida na presença de alta taxa de estímulos rejeitados.

Foi utilizado tom puro, na faixa de frequência de 6000-8000 Hz, modulado em frequência, numa faixa de 80 Hz a 85 Hz. Os estímulos foram apresentados de forma contínua, por meio de fones supra-aurais TDH 39 P.

Foram avaliadas as frequências portadoras de 6000 Hz e 8000 Hz na condição isolada (estimulação de uma única frequência, de forma binaural) e combinada (estimulação de múltiplas frequências, de forma simultânea e binaural - 6000 Hz + 8000 Hz), nas intensidades de 50 dBNPSpe e 80 dBNPSpe.

Para interpretação dos achados, foi considerada a presença de resposta à identificação estatística do pico espectral, na frequência de modulação do estímulo portador, sendo a amplitude estatisticamente superior ao ruído de fundo, no gráfico do *Fast Fourier Transform* (FFT). A significância foi calculada utilizando-se os testes estatísticos  $T^2$  e F, realizados pelo próprio sistema MASTER.

### Método estatístico

Os dados foram tabulados e processados pelo aplicativo para microcomputador *Predictive Analytics Software* (PASW® STATISTIC), versão 22.0. Para descrição dos dados, utilizou-se a apresentação tabular e gráfica das médias, dos desvios padrão e dos percentis.

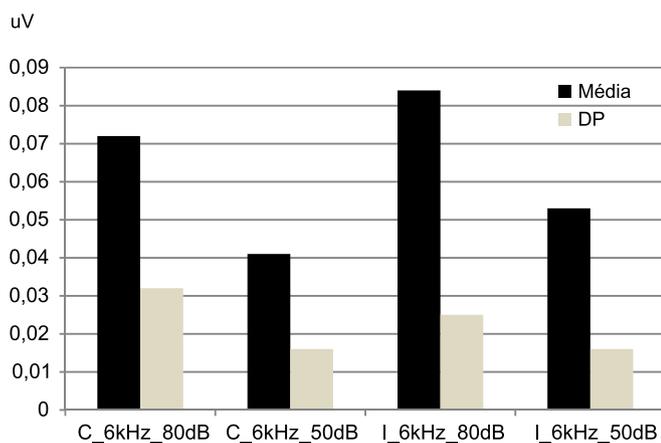
Para verificar a interação das frequências portadoras de 6000 Hz e 8000 Hz, no que se refere à condição de estimulação (isolada ou combinada) e à intensidade de apresentação, foram analisadas as amplitudes, utilizando-se a análise de variância

(ANOVA *two-way*). Os valores foram considerados significativos para  $p \leq 0,05$ .

## RESULTADOS

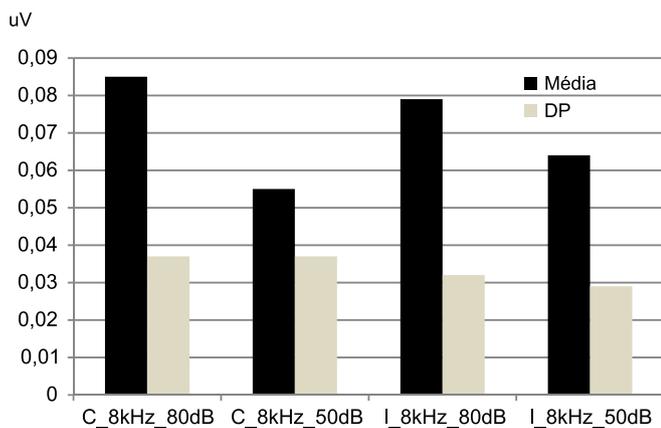
Foram analisados 10 pacientes (20 orelhas) de ambos os gêneros. Todos os sujeitos avaliados apresentaram PEAAE, nas frequências pesquisadas. A idade dos indivíduos avaliados variou entre  $27,3 \pm 2,26$  anos.

As médias e desvio padrão das amplitudes por frequência, intensidade e condição (isolada ou combinada), são descritos nas Figuras 1 e 2. A relação das amplitudes por frequência, intensidade e condição (isolada ou combinada), é demonstrada na Figura 3.



Legenda: C = condição combinada; I = condição isolada; DP = desvio padrão

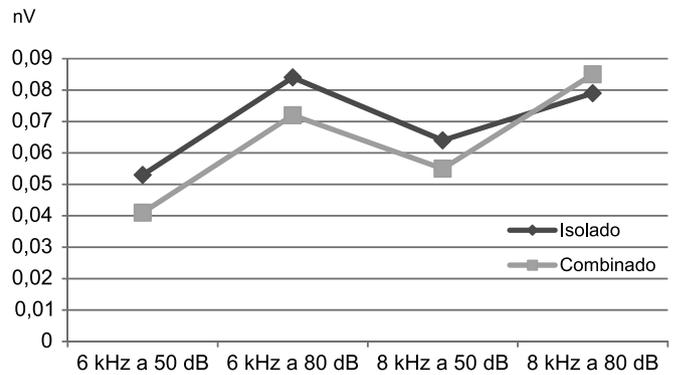
**Figura 1.** Médias e desvio padrão das amplitudes por intensidade e condição (isolada ou combinada), na frequência de 6000 Hz



Legenda: C = condição combinada; I = condição isolada; DP = desvio padrão

**Figura 2.** Médias e desvio padrão das amplitudes por intensidade e condição (isolada ou combinada), na frequência de 8000 Hz

Como pode ser observado, houve uma pequena diferença nas amplitudes das respostas, com relação à intensidade e a condição de estimulação, porém, não ocorreram efeitos ou interações principais significativos, envolvendo as frequências.



**Figura 3.** Relação das amplitudes por frequência, intensidade e condição

## DISCUSSÃO

Os PEAAE podem ser registrados de forma isolada (um único estímulo é apresentado a uma orelha, ou ambas) ou combinada (dois ou mais estímulos são apresentados a uma orelha, ou ambas). Embora os dados clínicos para a condição combinada sejam mais limitados<sup>(8,9,10)</sup>, ela tem o potencial para reunir mais informações em um curto período, acelerando, assim, o tempo de teste<sup>(11,12,13)</sup>. Caso não haja interações entre respostas quando vários estímulos são apresentados, o tempo para obtê-las é simplesmente reduzido pelo número de estímulos apresentados simultaneamente<sup>(14)</sup>. Mesmo se existir redução de amplitude (interações), a apresentação combinada pode ser ainda mais eficaz que a apresentação isolada.

Autores relataram que se as amplitudes dos PEAAE são menores devido às interações e que mais varreduras deveriam ser promediadas para detectar essas respostas<sup>(13,14)</sup>, o que não foi evidenciado nesta pesquisa. Apesar de ter ocorrido uma pequena diminuição nas amplitudes, quando realizada a apresentação combinada, não houve interações (baseadas no teste de variância ANOVA) e nem aumento no número de varreduras.

Pesquisas referiram que, em adultos, a apresentação combinada não causa diminuição da amplitude, quando os estímulos são apresentados em 60 dB NPS ou menos, em uma ou ambas as orelhas, desde que as frequências portadoras estejam separadas por, pelo menos, uma oitava<sup>(11,12,15)</sup>.

O presente estudo demonstrou que não é preciso estabelecer a distância de uma oitava entre as frequências portadoras, para obter os PEAAE, e que não há diferença estatística na amplitude das respostas. No entanto, estudos referiram que, para 75-80 dB NPS, ocorrem interações significativas entre as respostas, de modo que as amplitudes da condição combinada diminuem a 52-58 %, quando utilizada a condição isolada<sup>(11,16,17)</sup>, o que não foi observado neste estudo, pois as amplitudes permaneceram as mesmas, tanto para a condição isolada, quanto para a combinada.

O estudo das frequências portadoras de 6000 Hz e 8000 Hz foi um aspecto inovador para a literatura nacional, pois demonstrou a viabilidade de avaliação das frequências, tanto

de forma isolada, quanto combinada, sem precisarem estar separadas por uma oitava. Tais medidas são potencialmente interessantes para investigação mais detalhada dos limiares eletrofisiológicos.

## CONCLUSÃO

Foi possível avaliar as frequências portadoras de 6000 Hz e 8000 Hz, tanto de forma isolada quanto combinada. Não houve interações significativas entre as frequências portadoras de 6000 Hz e 8000 Hz para a amostra estudada, apenas redução da amplitude, quando utilizada a forma combinada.

## REFERENCIAS

- Ishida IM, Stapells DR. Multiple-ASSR interactions in adults with sensorineural hearing loss. *Int J Otolaryngol*. 2012;2012:ID802715. <https://doi.org/10.1155/2012/802715>
- Korczak P, Smart J, Delgado R, Strobel TM, Bradford C. Auditory steady-state responses. *J Am Acad Audiol*. 2012;23(3):146-70. <https://doi.org/10.3766/jaaa.23.3.3>
- Kaf WA, Durrant JD, Sabo DIL, Boston JR, Taubman LB, Kovacyk K. Validity and accuracy of electric response audiometry using the auditory steady-state response: Evaluation in an empirical design. *Int J Audiol*. 2006;45(4):211-23. <https://doi.org/10.1080/14992020500377907>
- Petitot C, Colet L, Durrant JD. Auditory steady-state responses (ASSR): effects of modulation and carrier frequencies. *Int J Audiol*. 2005;44(10):567-73. <https://doi.org/10.1080/14992020500258560>
- Tlumak AI, Durrant JD, Collet L. 80 Hz auditory steady-state responses (ASSR) at 250 Hz and 12000 Hz. *Int J Audiol*. 2005;46(1):26-30. <https://doi.org/10.1080/14992020601078008>
- Dimitrijevic A, John MS, Van Roon P, Picton TW. Human auditory steady state responses to tones independently modulated in both frequency and amplitude. *Ear Hear*. 2001;22(2):100-11.
- Ross B, Borgmann C, Draganova R, Roberts LE, Pantev C. A high-precision magnetoencephalographic study of human auditory steady-state responses to amplitude modulated tones. *J Acoust Soc Am*. 2000;108(2):679-91. <https://doi.org/10.1121/1.429600>
- Stapells DR. Frequency-specific threshold assessment in young infants using the transient ABR and the brainstem ASSR. In: Seewald RC, Tharpe AM. *Comprehensive handbook of pediatric audiology*. San Diego: Plural; 2011. p 409-48.
- Tlumak I, Rubinstein E, Durrant JD. Meta-analysis of variables that affect accuracy of threshold estimation via measurement of the auditory steady-state response (ASSR). *Int J Audiol*. 2007;46(11):692-710. <https://doi.org/10.1080/14992020701482480>
- Cone B, Dimitrijevic A. The auditory steady-state response. In: Katz J, Medwetsky L, Burkard R, Hood L. *Handbook of clinical audiology*. Baltimore: Lippincott, Williams & Wilkins; 2009. p. 322-50.
- John MS, Lins OG, Boucher BL, Picton TW. Multiple auditory steady-state responses (MASTER): stimulus and recording parameters. *Audiol*. 1998;37(2):59-82.
- Herdman T, Stapells DR. Thresholds determined using the monotic and dichotic multiple auditory steady-state response technique in normal-hearing subjects. *Scand Audiol*. 2001;30(1):41-9. <https://doi.org/10.1080/010503901750069563>
- John MS, Purcell DW, Dimitrijevic A, Picton TW. Advantages and caveats when recording steady-state responses to multiple simultaneous stimuli. *J Am Acad Audiol*. 2002;13(5):246-59.
- Picton TW, John MS, Dimitrijevic A, Purcell DW. Human auditory steady-state responses. *Int J Audiol*. 2003;42(4):177-219. <https://doi.org/10.3109/14992020309101316>
- Lins OG, Picton TW. Auditory steady-state responses to multiple simultaneous stimuli. *Electroen Clin Neuro*. 1995;96(5):420-32. [https://doi.org/10.1016/0168-5597\(95\)00048-W](https://doi.org/10.1016/0168-5597(95)00048-W)
- Wood LL. Multiple brainstem auditory steady-state response interactions for different stimuli [thesis]. Vancouver: The University of British Columbia; 2009.
- Fontaine CM, Stapells DR. Efficiency of single versus multiple stimuli for 40-Hz auditory steady-state responses. In: *Proceedings of the 20th Biennial Symposium of the International Evoked Response Audiometry Study Group (IERASG)*; 10-14 jun 2007; Bled, Slovenia. Bled: Slovene Society for Clinical Neurophysiology of the Slovene Medical Association; 2007. p. 147.