

# Análise das respostas obtidas por potenciais evocados auditivos de estado estável em indivíduos normais

# Analysis of normal hearing subjects steady-state auditory responses

Orley Baena Ferraz<sup>1</sup>, Sérgio Vaz de Freitas<sup>2</sup>,  
Luciana Lozza de Moraes Marchiori<sup>3</sup>

Palavras-chave: potencial auditivo, estado estável, audiometria objetiva.  
Key words: auditory responses, steady-state, objective audiometry.

## Resumo / Summary

**Introdução:** Potenciais evocados auditivos de estado estável são respostas eletrofisiológicas a tons contínuos, modulados em amplitude que podem ser registradas por eletrodos de superfície e permitem uma avaliação mais detalhada e objetiva da audição, devido à seletividade de frequências e objetividade na análise das respostas. **Objetivo:** Averiguar se esta nova técnica, que está sendo introduzida no Brasil, é realmente confiável e eficiente para ser incluída na rotina de avaliação audiométrica objetiva. **Forma de estudo:** clínico prospectivo. **Material e Método:** analisar as respostas dos potenciais auditivos de estado estável, nas frequências de 500, 1000, 2000 e 4000Hz, obtidas em um grupo composto por 25 indivíduos adultos, com idades entre 21 e 40 anos, sem queixas auditivas e com limiares psicoacústicos entre 0 e 15dB NA. **Resultados:** As respostas evocadas dos potenciais de estado estável no domínio da frequência foram facilmente detectadas, através de procedimentos matemáticos, entre 20 e 40dB NA em todos os indivíduos, em pelo menos seis das oito frequências pesquisadas, correspondente a 97% de um total de 200 respostas esperadas. Uma grande concentração (85%) destas respostas foi obtida até 30dB NA, das quais: 80% em 500Hz; 84% em 1KHz; 90% em 2KHz e 86% na frequência de 4KHz. **Conclusão:** Os resultados mostraram-se compatíveis com os estudos realizados por pesquisadores de outros países, isto é, uma aproximação de 15 a 20dB NA dos limiares psicoacústicos. Foram confirmadas também as principais vantagens sobre os outros métodos de avaliação auditiva eletrofisiológica: a objetividade da análise dos registros e a seletividade de frequência das respostas dos potenciais evocados auditivos de estado estável, fazendo supor que, em breve, esta técnica assumirá um papel de destaque na audiometria objetiva.

**Introduction:** Auditory steady-state are electrophysiologic responses elicited by continuous tones, modulated in amplitude that can be recorded by surface electrodes, and allows a more detailed, and objective auditory evaluation due to frequency-specific and objective responses analysis. **Objective:** To evaluate if auditory steady-state (recently infiltrated in Brazil) is really an efficient and trustworthy new technique that might be useful as a routine test in objective audiometry. **Study design:** clinical prospective. **Material and Method:** This present paper has analyzed normal-hearing auditory steady-state responses at frequencies of 500, 1000, 2000 e 4000Hz, recorded from a group of 25 subjects between 21 and 40 years of age. The subjects had hearing thresholds of 0 to 15dB HL, and none of them had any personal history of hearing impairment. **Results:** Steady-state evoked responses in the frequency-domain were easily detected bilaterally, using statistical techniques, in all of the subjects with intensities varying between 20 and 40dB HL, in at least six of eight studied frequencies, corresponding to 97% of 200 waited responses. A high concentration of the responses (85%) were obtained at intensities down to 30dB HL, of which 80% to tones of 500Hz; 84% to tones of 1KHz; 90% to tones of 2KHz, and 86% to tones of 4KHz. **Conclusion:** Auditory steady-state evoked responses reported here were quite similar to several studies done in other countries, that is, nearly 15 to 20dB HL from behavioral thresholds. The main advantages over other electrophysiologic auditory evaluation techniques were confirmed as: the recording analysis objectiveness, and steady-state frequency-specific responses, so it is believed to be a technique that will soon play an important role in the clinical objective audiometry.

<sup>1</sup> Otorrinolaringologista – professor no curso de Fonoaudiologia da UNOPAR.

<sup>2</sup> Fonoaudiólogo – professor no curso de Fonoaudiologia da UNOPAR.

<sup>3</sup> Fonoaudióloga – Mestre – professora no curso de Fonoaudiologia da UNOPAR.

Universidade Norte do Paraná (UNOPAR) – Avenida Paris, 675 Jardim Piza – Londrina PR 86041-100

Endereço para correspondência: Luciana Lozza de Moraes Marchiori – R. Paranaguá 199 apto 901

Londrina – PR 86020-030

E-mail: fono@unopar.br

Artigo recebido em 01 de julho de 2001. Artigo aceito em 28 de setembro de 2001.

---

## INTRODUÇÃO

---

Segundo Ferraro e Durrant (1994), os primeiros registros de potenciais elétricos no escalpo humano, em resposta a estímulos auditivos, foram realizados por Davis et al. em 1939. Estes potenciais que eram gerados no córtex foram registrados com latências entre 50 e 500 ms. Alguns anos depois, com o auxílio de computadores, foram registradas respostas mais rápidas e de menor amplitude, conhecidas como potenciais de média latência, entre 10 e 80 ms. Estes potenciais, que precedem os corticais, são supostamente provenientes do tálamo e das áreas de projeção do córtex primário. Os potenciais evocados auditivos de tronco cerebral (PEATC) foram identificados inicialmente por Sohmer e Feinmesser em 1967 e posteriormente descritos por Jewett et al. em 1970 e por Jewett e Williston em 1971.

Apesar da descoberta relativamente recente, devido à sua pequena amplitude em relação à atividade eletroencefálica normal e dos outros potenciais evocados auditivos, uma vasta literatura tem sido acumulada sobre as aplicações clínicas neurológicas e audiológicas dos PEATC, com ênfase particular nos programas de triagem auditiva neonatal (Hood, 1998).

Atualmente os PEATC constituem um meio diagnóstico confiável e objetivo que tem sido amplamente utilizado na detecção precoce dos transtornos auditivos. Porém, a despeito da inegável importância do registro dos PEATC, obtidos por cliques ou por tons breves (transientes), principalmente em relação aos aspectos topográficos das lesões do órgão auditivo, deve-se observar que esta técnica tem limites para a caracterização da audição residual, que resulta principalmente do tipo de estímulo acústico utilizado, o "clique", que contém energia acústica em todas as frequências, portanto não é específico em seu conteúdo espectral. Um segundo problema está relacionado com o padrão de ativação coclear provocada pelo clique, que está circunscrito a uma região específica de frequências ao redor de 3000 Hz (Van Der Drift, 1987; Conijin, 1992).

A necessidade de obter seletividade de frequências na avaliação auditiva por PEATC tem levado muitos pesquisadores (Gorga, 1988; Stapells-Picton, 1990; Stapells; Gravel; Martin, 1995) à utilização de outros recursos, tais como: 1) uso de mascaramento associado aos cliques para isolar áreas da cóclea e obter respostas a frequências específicas 2) o uso de estímulos tonais breves, com frequência específica, usualmente denominados cliques filtrados, tones pips ou tones bursts breves. No entanto, a dificuldade na padronização dos estímulos e da detecção das respostas, aliados ao longo tempo gasto na determinação dos limiares eletrofisiológicos de cada frequência em particular tornam estas técnicas de difícil aplicabilidade na prática clínica (Conijin, 1993).

Embora não tenham sido encontrados relatos da utilização clínica dos potenciais evocados de estado estável

(PEAEE) em nosso país, esta técnica, descrita inicialmente por Aoyagi et al. em 1993, vem sendo largamente aplicada e com grande sucesso no Canadá e em Cuba (Valdes; Perez-Abalo; Martin, 1997) na detecção objetiva de respostas audiométricas, principalmente em triagens auditivas de crianças de risco e nos casos onde os testes convencionais não mostram resultados satisfatórios.

O que vem despertando a atenção de muitos pesquisadores para os PEAEE (Aoyagi; Kiren; Kim, 1993; Richards; Tan; Cohen, 1994; Lins; Picton; Champagne, 1995; Valdes; Perez-Abalo; Martin, 1997) é a possibilidade de obtenção de um perfil audiométrico abrangente, através da exploração de cada frequência, sem um aumento significativo no tempo de avaliação. Os PEAEE apresentam propriedades que permitem uma avaliação mais detalhada e objetiva da audição e tornam possível a configuração de um "audiograma eletrofisiológico". A facilidade de registro e a objetividade na identificação das respostas dos PEAEE, através da utilização de procedimentos estatísticos padronizados, são aspectos igualmente importantes desta técnica. (Lins; Picton; Boucher, 1996)

Potenciais evocados auditivos de estado estável são respostas eletrofisiológicas a tons modulados em amplitude que podem ser registradas por eletrodos de superfície, tal como os demais potenciais evocados corticais ou de tronco cerebral.

Segundo Lins et al. (1995), os potenciais de estado estável para tons de amplitude modulada entre 80-110 Hz podem ser facilmente registrados no escalpo humano, apresentam uma clara relação com as diferentes variáveis acústicas, fornecem dados importantes para a avaliação fisiológica do sistema auditivo e podem ser muito úteis na audiometria objetiva por serem obtidos em intensidades próximas aos limiares. Estas respostas que são produzidas por estímulos específicos em frequência são mais adequadas para a exploração audiométrica que as obtidas por cliques, favorecendo uma melhor identificação do perfil audiométrico das perdas auditivas.

O som causa polarização e despolarização da células ciliadas internas, mas somente a despolarização produz potenciais de ação nas fibras nervosas auditivas, assim a saída da cóclea contém um padrão retificado do estímulo acústico. Esta retificação faz com que a resposta gerada por um tom contínuo, modulado em amplitude, possa ser detectada como um pico espectral na frequência de modulação (Aoyagi; Kiren; Furuse, 1994).

Um sinal acústico complexo formado por múltiplos tons ou "frequências portadoras", por exemplo: 500, 1000, 2000 e 4000Hz, modulados em amplitude, onde para cada tom há uma frequência de modulação específica, estimula diferentes regiões da membrana basilar, isto é, ativa um grupo de células ciliadas para cada uma das frequências portadoras.

Os tons modulados são retificados no ouvido interno de forma independente gerando componentes espectrais diferenciados (Figura 1) que são representados por uma série

de picos, correspondentes às frequências de modulação. Estes componentes, que não estão presentes no conteúdo espectral dos estímulos, são usados para acessar a resposta coclear de cada frequência estimulada. Assim, através do registro espectral dos eventos eletrofisiológicos evocados pelos tons modulados em amplitude e da utilização de procedimentos matemáticos na análise das respostas no domínio da frequência, é possível uma identificação clara e objetiva dos PEAAE

John et al. (1998) examinaram componentes espectrais de estado estável a partir de estímulos de tons modulados em amplitude e consideraram que esta técnica funciona bem para respostas evocadas a frequências de modulação entre 70 e 110 Hz e que mais de quatro estímulos podem ser apresentados simultaneamente sem que haja diminuição significativa na amplitude das respostas para frequências portadoras separadas por uma oitava, em intensidades de 60dB ou menores.

Rance et al. (1998) estudaram 108 crianças que não apresentavam respostas dos potenciais de curta latência evocadas por cliques em 100dB HL através de potenciais evocados de estado estável, em frequências de 250 a 4000Hz e, comparando estes resultados com os limiares comportamentais, concluíram que os tons modulados em amplitude usados no PEAAE permitem a pesquisa de frequências específicas em fortes intensidades e que há uma relação próxima entre eles e os limiares tonais.

Valdes et al. (1997) demonstraram que quatro métodos estatísticos diferentes (CSM, CT2, T2H e F test) podem ser utilizados com a mesma precisão para a detecção objetiva desses picos de frequências que caracterizam as

respostas evocadas de estado estável. Segundo estes autores, um método eficiente para padronizar a relação sinal ruído no domínio da frequência, que utiliza a representação em coordenadas polares dos valores complexos, resultantes da "Transformação Rápida de Fourier (FFT)", baseia-se no comportamento diferencial do sinal e do ruído durante a promediação e usa dois cálculos estatísticos diferentes: atenuação e sincronia, a partir dos valores de amplitude e fase respectivamente. (Figura 2)

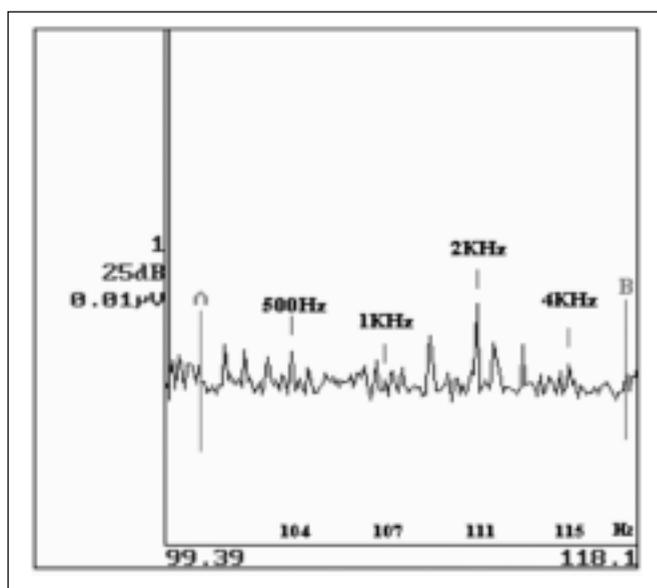
De acordo com Jerger (1998), a avaliação auditiva por PEAAE preenche uma lacuna entre as propriedades desejáveis do potencial evocado transiente de tronco cerebral e da excessiva dependência das condições do SNC nas respostas do potencial evocado tardio de frequência específica.

Os PEAAE vêm acrescentar informações essenciais para a escolha de uma conduta terapêutica e reabilitadora eficaz nos casos de perda auditiva em neonatos, lactentes ou em pacientes que não cooperam na audiometria comportamental. (Rance; Dowell; Rickards, 1998)

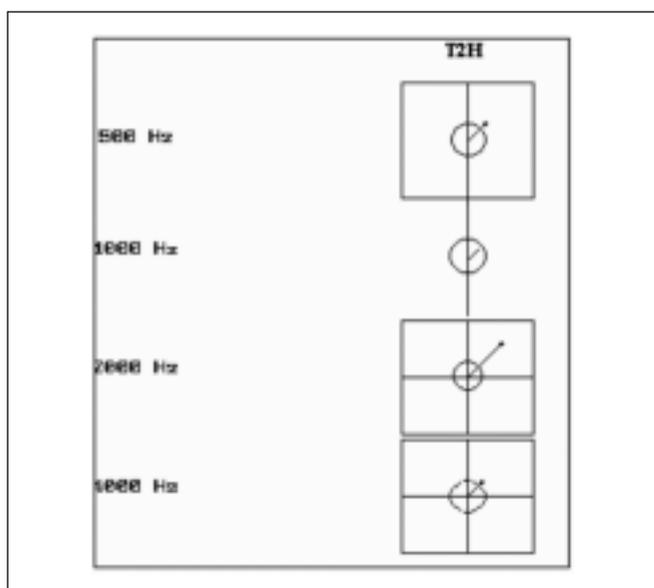
O objetivo da presente pesquisa é analisar as respostas obtidas por potenciais evocados de estado estável em indivíduos normais e compará-los com os resultados relatados na literatura, pretendendo demonstrar a importância de incluir esta técnica na rotina da avaliação audiométrica objetiva.

## MATERIAL E MÉTODO

Este estudo foi realizado pelo Setor de Audiologia da Clínica dos Distúrbios da Comunicação Humana da



**Figura 1.** Respostas dos PEAAE caracterizadas por componentes espectrais representados por picos, correspondentes às frequências de modulação.



**Figura 2.** Análise objetiva das respostas dos PEAAE utilizando método estatístico (T2H) para verificar a relação sinal-ruído no domínio da frequência, indicando a presença de PEAAE nas frequências de 500Hz, 2K e 4KHz e a ausência de resposta na frequência de 1KHz.

Universidade do Norte do Paraná – UNOPAR, utilizando equipamento Audix – versão 2.0, instalado na clínica Audiologus – Audição e Voz, em Londrina – PR, no período de outubro a dezembro de 2000.

Foram analisadas as respostas evocadas dos PEAE obtidas em 25 indivíduos adultos, 21 do sexo feminino e 4 do sexo masculino, com idades entre 21 e 40 anos, que não apresentavam queixas auditivas e que foram submetidos a audiometria tonal por via aérea nas frequências de 250, 500, 1000, 2000, 3000, 4000, 6000 e 8000Hz, onde apresentaram limiares tonais iguais ou inferiores a 15dB NA.

A integridade das vias auditivas de tronco cerebral foi averiguada pela pesquisa das latências absolutas e relativas dos PEATC na intensidade de 75dB NA (ASHA, 1988).

Foram analisados os níveis mínimos de resposta dos PEAE estimuladas por um sinal acústico complexo, formado por frequências portadoras de 0,5K, 1K, 2K e 4KHz, modulados em amplitude, com frequências de modulação de 104, 107, 111, e 115 Hz respectivamente e com intensidades entre 20 e 40dB NA.

Os eletródios foram posicionados da seguinte maneira: o “ativo” no vértex (Cz); o de “referência” na mastóide ipsilateral e o “terra” na mastóide contralateral e os registros foram efetuados com os indivíduos acomodados em uma poltrona reclinável, em estado de relaxamento ou sono leve, sem uso de sedativo.

A apresentação do estímulo foi monoaural com duração aproximada, para cada estimulação multifrequencial, de 9 segundos. Foram realizadas um mínimo de 30 e um máximo de 50 promediações. Assim, cerca de 6 minutos foram necessários para o registro de cada intensidade pesquisada (20, 25, 30, 35 e 40dB NA) por ordem crescente até que as respostas fossem registradas em cada uma das frequências. O tempo médio gasto para a avaliação dos PEAE de cada indivíduo foi de aproximadamente 45 minutos.

A presença das respostas dos PEAE no domínio da frequência foi calculada a partir da análise de amplitude e fase dos componentes espectrais gerados pelos estímulos

multifrequenciais (0,5K, 1K, 2K e 4KHz) modulados em amplitude, sendo considerados válidos os picos de frequência correspondentes às frequências de modulação que apresentavam-se estatisticamente superiores ao nível de ruído, utilizando-se o método estatístico T2H.

A aquisição das respostas evocadas foi interrompida ou foram descartados os registros de dados sempre que o nível atividade basal (ruído) excedia 25  $\mu$ V ou quando a impedância não pôde ser mantida abaixo de 5K $\Omega$ .

## RESULTADOS

Todos os sujeitos avaliados apresentaram respostas dos PEAE em ambas as orelhas para tons modulados em amplitude, de intensidades entre 20 e 40dB NA, em pelo menos 6 das 8 (4 em cada orelha) frequências pesquisadas. Estes potenciais evocados no domínio da frequência, caracterizaram-se por picos espectrais, estatisticamente superiores ao nível de ruído, encontrados em frequências idênticas às de modulação, isto é 104 Hz para a frequência portadora de 500 Hz; 107 Hz para a de 1KHz; 111Hz para a de 2KHz e 115 Hz para a frequência portadora de 4KHz.

Para um total de 200 frequências analisadas nos 25 sujeitos foram detectadas 196 níveis mínimos de resposta nessa faixa intensidade (20 a 40dB NA). Dessa forma, o percentual de respostas válidas encontradas foi de 97% do total de respostas esperadas, assim distribuídas: 96% na frequência de 500Hz; 96% na frequência de 1KHz; 100% na frequência de 2KHz e 96% na frequência de 4KHz.

Uma concentração expressiva (85%) destes potenciais foram obtidos com estímulos entre 20 e 30dB NA, das quais: 80% na frequência de 500Hz; 84% na frequência de 1KHz; 90% na frequência de 2KHz e 86% na frequência de 4KHz (Figura 3a. e 3b.).

Houve um percentual reduzido (13%) de respostas que só foram identificadas em intensidades entre 35 e 40dB NA. Destas 10% aos 35dB NA sendo: 14% na frequência de 500Hz; 10% na frequência de 1KHz; 6 % na frequência de

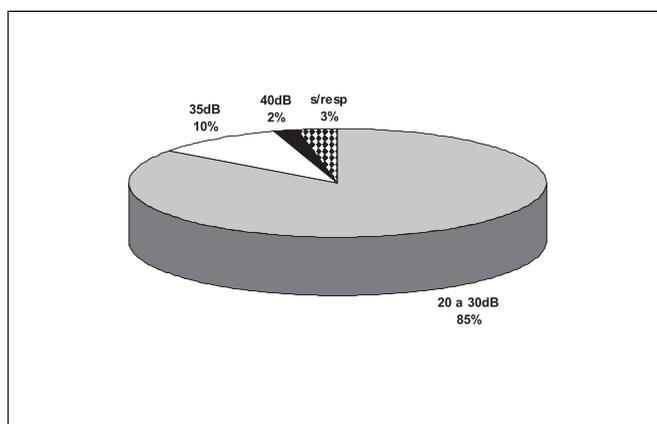


Figura 3a. Distribuição dos potenciais segundo estímulo.

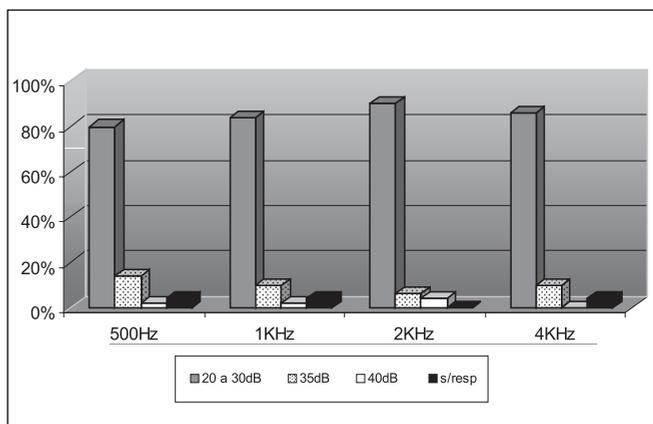


Figura 3b. Distribuição dos potenciais segundo estímulo.

**Tabela 1.** Distribuição percentual das respostas, por frequência e por orelha, em cada intensidade de estímulo e o percentual acumulado de respostas obtidas bilateralmente para as diferentes faixas de intensidade.

INTENSIDADE	FREQÜÊNCIA							
	500Hz		1 KHz		2 KHz		4 KHz	
	DIR.	ESQ.	DIR.	ESQ.	DIR.	ESQ.	DIR.	ESQ.
20dB NA	20%	16%	28%	44%	24%	44%	32%	52%
25dB NA	44%	40%	36%	32%	32%	24%	40%	8%
30dB NA	20%	20%	24%	4%	32%	24%	20%	20%
20 a 30dB NA BILATERAL	80%		84%		90%		86%	
35dB NA	16%	12%	8%	12%	8%	4%	8%	12%
20 a 35dB NA BILATERAL	94%		94%		96%		96%	
40dB NA	0%	4%	0%	4%	4%	4%	0%	0%
20 a 40dB NA BILATERAL	96%		96%		100%		96%	
SEM RESPOSTA	0%	8%	4%	4%	0%	0%	0%	8%
S/RESP. BILATERAL	4%		4%		0%		4%	

2KHz e 10% na frequência de 4KHz e somente 4 respostas dos PEAE foram evocadas na intensidade 40dB NA o que correspondeu a 3% das frequências pesquisadas, destas: 2% na frequência de 500Hz; 2% nas frequências de 1KHz e 4% na frequência de 2KHz. Para a frequência de 4KHz, nenhuma resposta foi registrada nesta intensidade. (Tabela 1)

Houve ainda 4 sujeitos, todos do sexo feminino, que não apresentaram respostas em uma ou duas das frequências, totalizando 2% dos registros efetuados. Destes, 2 indivíduos não apresentaram resposta em apenas uma das frequências; um na frequência de 1KHz na orelha direita e o outro em 4KHz na orelha esquerda; outros 2 indivíduos não apresentaram respostas em 2 das frequências em uma das orelhas; um nas frequências de 0,5 e 1KHz e o outro em 0,5 e 4KHz, ambos na orelha esquerda. Nestes casos a aquisição de dados foi interrompida antes de que todas as respostas fossem obtidas, já que o presente estudo limitou-se a um máximo de 50 promediações e a intensidade máxima de 40dB NA.

Os níveis mínimos de respostas dos PEAE obtidos nesta amostra apresentaram os seguintes valores médios de intensidade: 26,60dB NA para a frequência de 500Hz; 25,63dB NA para 1KHz; 26,80dB NA para 2KHz e 25,20dB NA para 4KHz na orelha direita e 27,17dB NA para 500Hz; 24,79dB NA para 1KHz; 25,00dB NA para 2KHz e 24,57dB NA para 4KHz na orelha esquerda.

Considerando-se todas as frequências pesquisadas em ambas as orelhas, a média das intensidades necessárias para evocar as respostas dos PEAE ficou em 25,72dB NA, com pequena variação entre elas (24,57 e 27,17dB NA). É importante ressaltar que estes valores não devem ser considerados como média dos limiares dos PEAE, já que não foram pesquisadas intensidades menores de 20dB NA, portanto os valores médios estimados para os limiares dos PEAE devem corresponder a intensidades inferiores a estas, acima relacionadas.

## DISCUSSÃO

O aperfeiçoamento dos procedimentos utilizados na avaliação objetiva da audição é particularmente importante nos casos de crianças pequenas ou recém-nascidas que apresentam sinais de anormalidades nos programas de triagem auditiva universal (TANU) recomendados até o terceiro mês de vida. A perda auditiva é um importante problema de saúde na infância devido aos prejuízos causados no desenvolvimento da linguagem e da fala e para que se possa adotar uma conduta terapêutica e reabilitadora eficiente, no sentido de minimizar os problemas desencadeados pela privação sensorial são necessárias a detecção e a caracterização do déficit auditivo, o mais cedo possível.

Entre os procedimentos mais utilizados atualmente na avaliação audiológica objetiva destacam-se a imitanciométrie, a pesquisa das emissões otoacústicas evocadas e os PEATC.

Estes testes, usados em conjunto, fornecem dados importantes quanto ao tipo e grau de perda auditiva, quando a avaliação comportamental não se mostra conclusiva, mesmo assim, em alguns casos, estas informações ainda são insuficientes para que se possa obter uma caracterização correta da audição.

Os componentes espectrais de estado estável, evocados por estímulos de tons modulados em amplitude, encontrados na totalidade dos indivíduos desta amostra, em frequências de modulação entre 104 e 115 Hz, sendo estímulos sonoros de longa duração, que são mais específicos por frequência que os clicks, permitiram estimar os limiares psicacústicos, com uma aproximação bastante razoável, nas quatro frequências pesquisadas (0,5, 1K, 2K e 4KHz), consideradas as mais importantes para a recepção dos sons da fala, e mostraram-se fáceis de serem identificados, devido a objetividade da análise destas respostas.

Neste trabalho não foram enfatizadas as comparações

estatísticas entre os limiares tonais e os níveis mínimos de respostas dos PEAAE, já que respostas evocadas por estímulos de intensidade inferior a 20dB NA não foram pesquisadas, para não prolongar o tempo de avaliação. Mesmo assim, os resultados encontrados (Tabelas 2 e 3), que estão provavelmente acima dos valores médios estimados para os limiares dos PEAAE, mostraram-se compatíveis com os trabalhos de Lins, 1996; Valdés, 1997; Jerger, 1998 e Rance, 1998, entre outros, já que a média das respostas obtidas foi de 25,72dB NA e a média dos limiares tonais desta amostra ficou em 5,20dB NA, portanto a diferença entre eles foi de aproximadamente 20dB NA.

Também não foram realizadas análises estatísticas por sexo ou por idade já que, em toda a literatura consultada, estas variáveis não foram consideradas relevantes para grupos de adultos.

O aumento da atividade EEG, que dificulta a obtenção de respostas eletrofisiológicas de pequena amplitude devido ao aumento do ruído, geralmente causado pelo estado insatisfatório de relaxamento pode ser considerado o principal fator causal das ausências de respostas verificadas em 4 sujeitos ou 2% dos registros efetuados. O uso de sedação, rotineiramente administrada em crianças pequenas ou pacientes não colaboradores, seria recomendado para solucionar este problema.

Diante dos resultados encontrados nesta pesquisa, a aplicabilidade e a utilidade dos PEAAE na avaliação

**Tabela 2.** Valores médios dos níveis mínimos de resposta dos PEAAE obtidas em cada frequência.

RESPOSTA DOS PEAAE				
(Níveis mínimos para estímulos entre 20 e 40dB NA)				
	500Hz	1KHz	2KHz	4KHz
<b>DIREITA</b>				
MÉDIA	26,60	25,63	26,80	25,20
DP	±4,94	±4,73	±5,38	±4,67
<b>ESQUERDA</b>				
MÉDIA	27,17	24,79	25,00	24,57
DP	±5,40	±5,99	±5,59	±5,82
MÉDIA GERAL	25,72			

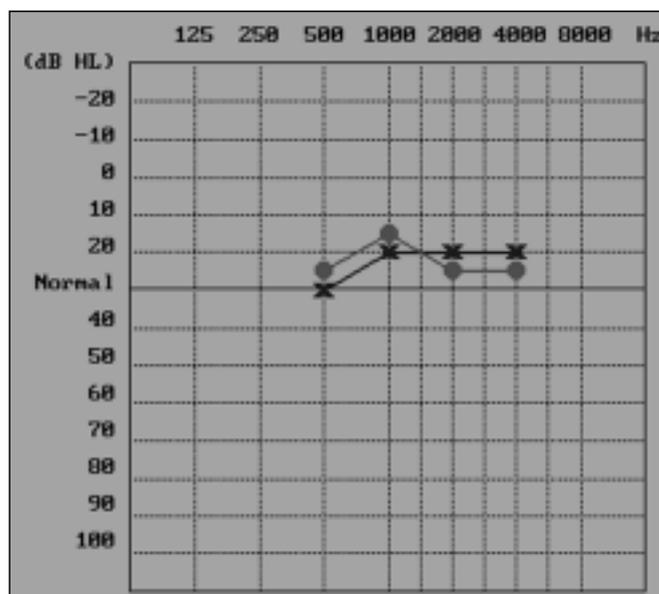
**Tabela 3.** Valores médios dos limiares psicoacústicos, entre 500 e 4000Hz, de cada frequência e do total das frequências avaliadas.

LIMIARES PSICOACÚSTICOS (dB NA)				
	500Hz	1KHz	2KHz	4KHz
<b>DIREITA</b>				
MÉDIA	5,60	5,60	5,60	4,80
DP	3,91	3,91	3,63	4,67
<b>ESQUERDA</b>				
MÉDIA	6,00	4,40	4,80	5,00
DP	4,33	5,07	4,89	5,59
MÉDIA GERAL	5,20			

audiométrica objetiva puderam ser confirmadas, principalmente no que se refere a estimação do perfil audiométrico, possibilitando inclusive a configuração de um "audiograma eletrofisiológico" (Figura 4). No entanto, ficou claro também que a pesquisa dos PEAAE não fornece nenhuma informação sobre a localização da lesão no órgão auditivo, portanto este método não deve ser usado de forma isolada, já que é uma técnica que complementa mas não substitui as outros meios de avaliação, aqui mencionados (imitanciometria, emissões otoacústicas e PEATC) que são ferramentas valiosas para esse fim.

## CONCLUSÃO

A análise das respostas dos Potenciais Evocados Auditivos de Estado Estável, obtidas nesta amostra de indivíduos auditivamente normais, mostrou resultados compatíveis com os estudos realizados em outros países e aponta para a possibilidade de estimar, de forma objetiva, os limiares auditivos nas frequências de 500, 1000, 2000 e 4000Hz, com uma aproximação média de 20 dB dos limiares psicoacústicos, em tempo compatível com a prática clínica (de 30 a 60 minutos). A partir da pesquisa bibliográfica e dos dados coletados na presente pesquisa, pode-se constatar que as principais vantagens deste método a serem salientadas são: a utilização de procedimentos estatísticos claros que permitem determinar a presença das respostas, eliminando a subjetividade da análise dos traçados e a possibilidade de avaliar várias frequências simultaneamente. Assim, demonstrou-se que o registro dos PEAAE é de grande utilidade na avaliação audiométrica objetiva.



**Figura 4.** "Audiograma eletrofisiológico" representando as respostas dos PEAAE.

---

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Aoyagi M, Kiren T, Furuse H, Fuse T, Susuki Y, Yokata M, Koike Y. Pure tone threshold prediction by 80-Hz amplitude-modulation following response. *Acta Oto-laryngologica* 1994;511 Supplement (Stockholm):7-14.
2. Aoyagi M, Kiren T, Kim Y, Suzuki Y, Fuse T, Koike Y. Optimal modulation frequency for amplitude-modulation following response in young children during sleep. *Hearing Research* 1993;65:253-261.
3. Conijin EAJG, Brocaar MP, Van Zanten GA. Frequency-specific aspects of the auditory brainstem response threshold elicited by 1000 Hz filtered clicks in subjects with sloping cochlear hearing losses. *Audiology* 1993;32: 1-11.
4. Conijin EAJG, Brocaar MP, Van Zanten GA, Van Der Drift JFC. Comparison between the frequency specificities of auditory brainstem response thresholds to clicks with and without high-pass masking noise. *Audiology* 1992;31:284-92.
5. Ferraro JA, Durrant DJ. Auditory Evoked Potentials: Overview and Basic Principles. In: Katz J. *Handbook of Clinical Audiology*. 4<sup>th</sup> ed. Baltimore: Williams & Wilkins; 1994. cap. 22 p.317-338.
6. Gorga MP, Kaminski JR, Beauchaine KA, Jesteadt W. Auditory brainstem responses to tone burst in normally hearing subjects. *J Speech Hear* 1988;31:87-97.
7. Hood LJ. Clinical Applications of the Auditory Brainstem Response – Introduction and Overview – Singular Publishing. San Diego; London 1998. Cap.1. p.3-9.
8. Jerger J. The auditory steady-state response. *J Am Acad Audiology* 1998;9(5): 314.
9. John MS, Lins OG, Boucher BL, Picton TW. Multiple auditory steady-state responses: stimulus and recording parameters. *Am Acad Audiology* 1998;9(5):315-31.
10. Lins OG, Picton PP, Picton TW, Champagne SC, Durieux-Smith A. Auditory steady-state responses to tones amplitude-modulated at 80 to 110Hz. *Journal of the Acoustic Society of America* 1995;97:3051-3063.
11. Lins OG, Picton TW, Boucher BL, Durieux-Smith A, Champagne SC, Moran LM, Perez-Abalo MC, Martin V, Savio G. Frequency-specific audiometry using steady-state responses. *Ear and Hearing* 1996;17:81-96.
12. Rance G, Dowell RC, Rickards F.W, Beer DE, Clark GM. Steady-state evoked potential and behavioral hearing thresholds in a group of children with absent click-evoked auditory brain stem response. *Ear Hear* 1998;19(1):48-61.
13. Richards FW, Tan LE, Cohen LT, Wilson OJ, Drew JH, Clark GM. Auditory steady-state evoked potentials in newborns. *British Journal of Audiology* 1994;28:237-337.
14. Stapells DR, Gravel SG, Martin BA. Thresholds for auditory brainstem responses to tones in notched noise from infants and young children with normal hearing and sensorineural hearing loss. *Ear and Hearing* 1995;16:22-34.
15. Stapells DR, Picton TW, Durieux-Smith A, Edwards CG, Moran LM. Thresholds for short-latency auditory evoked potentials to tones in notched noise in normal-hearing and hearing impaired subjects. *Audiology* 1990;29:262-274.
16. Van Der Drift JFC, Brocaar MP, Van Zanten GA. The relation between the pure-tone audiogram and the click auditory brainstem response threshold in cochlear hearing loss. *Audiology* 1987;26:1-10.
17. Valdés JL, Perez-Abalo MC, Martín V et al. Comparison of statistical indicators for the automatic detection of 80 Hz auditory steady state response. *Ear Hear* 1997;15:45-59.

---

## LITERATURA CONSULTADA:

1. Champlin CA. Methods for detecting auditory steady-state potentials recorded from humans. *Hearing Research* 1992;6:144-150.
2. Dobie RA, Wilson MJ. Objective response detection in the frequency domain. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology* 1993;88:516-524.
3. Durieux-Smith A, Picton TW, Bernard P, MacMurray B, Goodman JT. Prognostic validity of brainstem electric-response audiometry (BERA) in infants of a neonatal intensive care unit (nicu). *Audiology* 1991;30:249-265.
4. Galambos R, Wilson M. Newborn hearing thresholds, measured by both insert and earphone methods. *Journal of the American Academy of Audiology* 1994;5:141-145.
5. Hyde ML, Matsumoto N, Alberti PW. The normative basis for click and frequency-specific BERA in high-risk infants. *Acta Otolaryngologica* 1987;103:602-611;361-371.
6. John MS et al. Human auditory steady-state responses to amplitude-modulated tones: phase and latency measurements. *Hear Research* [http://www.sborl.com.br/html/body\\_boletins.htm](http://www.sborl.com.br/html/body_boletins.htm), 2000.
7. John MS, Picton TW. A Windows program for recording multiple auditory steady-state responses. *Comput Methods Programs Biomed* 2000;61:2125-50.
8. Kraus N, Mc Gee T. Auditory Event-related Potentials. In: Katz J. *Handbook of Clinical Audiology*. 4. ed. Baltimore: Williams & Wilkins; 1994. cap. 27 p. 406-426.
9. Lins OG, Picton TW. Auditory steady-state responses to multiple simultaneous stimuli. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology* 1995;96:420-432.
10. Martin BA, Boothroyd A. Cortical auditory evoked potentials in response to changes of spectrum and amplitude. *Journal of the Acoustic Society of America* 2000;107(4):2155-61.
11. Picton TW, Durieux-Smith A, Moran LM. Recording auditory brainstem responses from infants. *International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology* 1994;28:93-110.
12. Rance G, Rickards FW, Cohen LT, De Vidi S & Clark GM. The automated prediction of hearing thresholds in sleeping subjects using auditory steady-state evoked potentials. *Ear and Hearing* 1995;16:499-507.
13. Starr A, Don M. Brain Potentials Evoked by Acoustic Stimuli. In: TW Picton (Ed.) *Human event-related potentials. Handbook of electroencephalography and clinical neurophysiology*. Vol. 3, Amsterdam: Elsevier; 1988. p.97-157.
14. Stein LK, Jabaley T, Spitz R, Stoakley D, McGee T. The hearing-impaired infant; patterns of identification and habilitation revised. *Ear and Hearing* 1990;11:201-205.
15. Valdés M. Pesquisaje de defectos auditivos en lactentes mediante potenciales evocados auditivos de tallo cerebral. Tesis para optar por el grado de Doctor en Ciencias Médicas. CINC, La Habana, Cuba, 1985.
16. Victor JD, Mast J. A new statistic for steady state evoked potentials. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology* 1991;78:378-388.
17. Weber BA. Auditory Brainstem Response: Threshold Estimation and Auditory Screening. In: Katz J. *Handbook of Clinical Audiology*. 4<sup>th</sup> ed. Baltimore: Williams & Wilkins; 1994. cap. 25, p.375-386.
18. Wernwe LA, Folsom RC, Mancl LR. The relationship between auditory brainstem response and behavioral thresholds in normal hearing infants and adults. *Hearing Research* 1993;68:131-141.
19. White KR, Behrens TR. The Rhode Island hearing assessment project: Implications for universal newborn hearing screening. *Seminars in Hearing* 1993;14:1-119.