

# Emissões otoacústicas – produto de distorção: estudo de diferentes relações de níveis sonoros no teste em indivíduos com e sem perdas auditivas

Ana Claudia Fiorini\*

Maria Esperanza Santos Parrado-Moran\*\*

## Resumo

O teste de emissões otoacústicas é um exame complementar com diversas aplicações clínicas fundamentais para o diagnóstico audiológico. **Objetivo:** o objetivo desta pesquisa foi estudar diferentes parâmetros de relação de níveis sonoros no teste de emissões otoacústicas – produto de distorção (EOAPD) em indivíduos com e sem perdas auditivas. **Método:** a pesquisa foi um estudo transversal de inquérito que comparou os registros de EOAPD realizados com diferentes relações de intensidade entre 80 indivíduos (160 orelhas) com audiometria entre 0 e 20 dBNA (grupo 1) e 89 trabalhadores (135 orelhas) de uma indústria têxtil indivíduos com perda auditiva neurosensorial a partir de 3kHz (grupo 2). **Resultados:** a prevalência de respostas presentes do teste de EOAPD no Grupo 1 foi de 70%, e não foram observadas diferenças estatisticamente significantes quando comparados os registros com L1=L2= 70 dBNPS e L1= 65 e L2= 55 dBNPS. No Grupo 2, o teste com L1=L2= 70 dBNPS indicou um número maior de respostas presentes em todas as frequências 2, mesmo considerando ser este o grupo com perdas auditivas a partir de 3kHz. A presença de resposta passou a ter diferença estatisticamente significativa a partir de 2,5 kHz ( $Z=-2,117$  e  $p=0,034$ ). Porém, a análise estatística indicou maior correlação (Spearman) das respostas dos testes de EOAPD com os limiares audiométricos no teste com L1= 65 e L2= 55 dBNPS. Houve correlação também entre a idade, o tempo de exposição a ruído ocupacional e a perda auditiva nas respostas com L1= 65 e L2= 55 dBNPS. **Conclusão:** devido aos resultados na correlação dos testes de EOAPD com as variáveis analisadas, o parâmetro com L1=65 e L2=55 dBNPS mostrou ser o mais indicado, tanto para indivíduos com perdas auditivas, quanto sem perdas auditivas.

**Palavras-chave:** emissão otoacústica – produto de distorção; nível do estímulo; limiares normais; perda auditiva neurosensorial.

## Abstract

As a part of the audiological test battery, otoacoustic emissions can provide useful information for the management of hearing impaired patients. **Objective:** The aim of this study was to compare different stimulus levels in the test of Distortion Product Otoacoustic Emissions (DPOAE) in normal hearing and hearing impaired subjects. **Method:** Eighty subjects (160 ears) with normal hearing (group 1) and eighty-

\* Doutora em Saúde Pública pela FSP/USP, professora associada da PUC-SP e fonoaudióloga da Derdic – PUC-SP. \*\* Doutora em Neurociências e Comportamento pela USP e professora assistente-doutora do Centro Universitário São Camilo/SP.

nine (135 ears) subjects with sensorial neural hearing loss (induced by occupational noise exposure) participated in this study. **Results:** The prevalence of present response in DPOAE was 70% in Group 1 and were not observed significant statistically differences between test with  $L1 = L2 = 70$  dB SPL and  $L1 = 65$  and  $L2 = 55$  dB SPL. In Group 2 the prevalence of present response with  $L1 = L2 = 70$  dB SPL was higher than  $L1 = 65$  and  $L2 = 55$  dB SPL but statistic analysis showed higher Spearman correlation between DPOAE responses and hearing thresholds with  $L1 > L2$ . Also the relation with gender, age and time of noise exposure were higher with  $L1 > L2$ . **Conclusions:** These results suggest that DPOAE with  $L1 = 65$  and  $L2 = 55$  dB SPL can be used to provide information in normal hearing and hearing impaired subjects.

**Key-words:** distortion product – otoacoustic emissions; stimulus level; normal hearing; sensorial neural hearing loss.

## Resumen

Las emisiones otacústicas son un examen complementar con varias aplicaciones clínicas fundamentales para el diagnóstico audiológico. **Objetivo:** El objetivo de esta investigación fue estudiar diferentes parámetros de relación entre los niveles sonoros en el test de las emisiones otacústicas – producto de distorsión (EOAPD) en personas que presentaron y no presentaron pérdidas auditivas. **Método:** La pesquisa se constituyó en un estudio transversal de inquérito que comparo los registros de EOAPD realizados con diferentes relaciones de intensidad entre 80 personas (160 orejas) con audiometría entre 0 e 20 dBNA (grupo 1) y 89 trabajadores (135 orejas) de una industria textil, personas con pérdida auditiva sensorio-neural empezando en 3kHz (grupo 2). **Resultados:** La prevaecía de respuestas presentes para las EOAPD en el Grupo 1 fue de 70% e no fueron encontradas diferencias estadísticamente significantes cuando comparados los registros con  $L1=L2=70$  dBNPS e  $L1=65$  e  $L2=55$  dBNPS. En el grupo 2, el test con  $L1=L2=70$  dBNPS indico un número mayor de respuestas presentes en todas las frecuencias 2, mismo siendo este grupo el que presentaba pérdida auditiva empezando en 3 kHz. La presencia de respuesta paso a tener diferencia estadísticamente significativa empezando en 2,5 kHz ( $Z=-2,117$  e  $p=0,034$ ). La analice estadística demostró mayor correlación (Spearman) de las respuestas para las EOAPD con los liminares audiométricos con  $L1=65$  e  $L2=55$  dBNPS. La correlación también estuvo presente entre la edad, el tiempo de exposición al ruido ocupacional y la pérdida auditiva en las respuestas con  $L1=65$  e  $L2=55$  dBNPS. **Conclusión:** A consecuencia de los resultados de la correlación entre los tests de EOAPD y las variables analizadas, el parámetro  $L1=65$  e  $L2=55$  dBNPS demostró ser el mas indicado tanto para las personas que presentan cuanto para las que no presentan pérdidas auditivas.

**Palabras clave:** emision otoacústica – producto de distorsión; nivel de estímulo; liminares normales; pérdida auditiva sensorio-neural.

Um dos testes mais promissores para o diagnóstico audiológico tem sido o de emissões otoacústicas (EOA). Os primeiros estudos com esse procedimento enfatizavam o uso do registro como instrumento de triagem auditiva em neonatos. Somente mais recentemente pudemos observar um aumento nos estudos que buscam outras aplicações clínicas, como diagnóstico diferencial de patologias auditivas, monitoramento de perdas auditivas por ototóxicos e o monitoramento em perdas auditivas induzidas por ruído (Leonard et al., 1990;

Smurzynski et al., 1990; Spektor et al., 1991 e Prieve et al., 1993, Lonsbury-Martin et al., 1993a).

Segundo Lonsbury-Martin et al. (1993), as emissões otoacústicas – produto de distorção (EO-APD) são definidas como uma energia acústica medida no meato acústico externo, originada da interação não linear de dois tons puros apresentados simultaneamente. Os dois tons puros são denominados  $f1$  e  $f2$  e, em humanos, a melhor amplitude de resposta do teste ocorre na frequência equivalente a  $2f1-f2$ . O protocolo normalmente utiliza-

do para eliciar as emissões em  $2f_1-f_2$  incorpora uma razão de 1,22 entre as frequências ( $f_2/f_1$ ).

As EOAPD têm um grande potencial clínico, principalmente porque podem avaliar um distinto número de frequências sonoras. A detecção das EOAPD é tecnicamente mais difícil em humanos do que em animais de laboratório, principalmente pelo fato de apresentarem menor amplitude de resposta (Lonsbury-Martin et al., 1987). O produto de distorção na frequência de  $2f_1-f_2$  é considerado como o mais facilmente detectado em orelhas humanas e tem sido o mais utilizado em pesquisas acerca da aplicação clínica do teste. Porém, no que diz respeito aos níveis das frequências primárias ( $L_1$  e  $L_2$ ), existem diversos estudos utilizando parâmetros diferenciados. Segundo Hauser e Probst, 1991, a amplitude máxima das EOAPD no ouvido humano foi obtida quando  $L_1$  estava de 5 a 10 dB acima de  $L_2$ . Estudos mais recentes como Probst et al. (1991) indicaram que com relação à intensidade sonora dos estímulos primários  $f_1$  e  $f_2$ , também ocorreram melhores amplitudes de respostas quando  $L_1$  estava entre 5 a 10 dBNPS acima de  $L_2$  ( $L_1=65$  dB e  $L_2=60$  ou  $55$  dB). Um fator importante é que os estímulos não devem exceder 80 dBNPS, pois poderá provocar o reflexo acústico do músculo do estapédio, afetando dessa forma o registro das emissões, uma vez que altera a transmissão na orelha média (Osterhammel e Rasmussen, 1992). Porém, segundo Avan e Bonfils (1993), quando a intensidade dos tons primários excede 72 dBNPS, as respostas já começam a perder a especificidade de frequência, diminuindo assim a correlação com o perfil audiométrico da perda auditiva. Estes últimos autores sugeriram que, quando utilizamos intensidade abaixo desse valor, podemos extrair a informação relacionada à especificidade de frequência no dano coclear.

Hauser e Probst (1991) avaliaram as EOAPD em 20 orelhas de 10 indivíduos otologicamente normais, sendo cinco do sexo masculino e cinco do sexo feminino. A pesquisa teve como objetivo investigar possíveis diferenças fixando a frequência  $2f_1-f_2$ , avaliando respostas em 1, 2 e 4 kHz e variando a intensidade com  $L_1=75$  dB e  $L_1=65$  dB e  $L_2$  entre 20 e 90 dBNPS com passos de 5 dB. A máxima média da amplitude das EOAPD encontrada nas frequências de 1k e 2 kHz foi com a relação  $L_2-L_1= -10$  dB ( $L_1=65$  dB e  $L_2=55$  dB ou  $L_1=75$  dB e  $L_2=65$  dB). Para a frequência de 4 kHz, os melhores resultados foram com  $L_2-L_1= -5$  dB

( $L_1=75$  e  $L_2=70$  dB ou  $L_1=65$  e  $L_2=60$  dB). Os autores concluíram que a utilização do  $L_2$  menor que  $L_1$  pode resultar em uma melhor relação sinal-ruído e aumentar a detectabilidade das menores amplitudes de respostas na orelha humana. Confirmando achados anteriores, não foi encontrada diferença significativa entre homens e mulheres.

No teste de EOAPD, as frequências primárias determinam o local exato da geração de  $2f_1-f_2$  e estão relacionadas com a intensidade da apresentação do estímulo. Segundo Lonsbury-Martin et al. (1997), os estímulos não devem ser superiores a 70 dBNPS e preferencialmente com  $L_1 > L_2$ , pois essa relação provavelmente ative melhor a região próxima de  $f_2$ , devido à sobreposição das primárias na membrana basilar.

Hauser e Probst (1991) analisaram as EOAPD em 10 indivíduos (20 orelhas) otologicamente normais, sendo cinco do sexo masculino e cinco do sexo feminino. O estudo teve a intenção de investigar possíveis diferenças entre os sexos. Foi utilizada a relação  $2f_1-f_2$ , nas frequências de 1, 2 e 4 kHz, variando-se a intensidade de  $L_1=65$  dBNPS e  $L_1=75$  dBNPS e  $L_2$  entre 20 e 90 dBNPS com passos de 5 dB. A maior amplitude encontrada para o teste foi quando a relação  $L_2-L_1= -10$  dB ( $L_1=65$  dBNPS e  $L_2= 55$  dBNPS ou  $L_1=75$  e  $L_2=65$  dBNPS). Os autores concluíram não haver diferenças estatisticamente significativas entre os gêneros e que a utilização de  $L_1$  maior que  $L_2$  pode resultar em uma melhor relação sinal ruído bem como aumentar a detectabilidade de menores amplitudes de respostas.

Nishino et al. (2001) compararam as amplitudes do teste de EOAPD em 95 indivíduos otologicamente normais, com média de idade de 22,8 anos. Os sujeitos foram submetidos à anamnese, inspeção do meato acústico externo, audiometria tonal, logaudiometria, medidas de imitância acústica e em seguida foi escolhida a melhor orelha que apresentava emissões espontâneas ausentes para início do teste de EOAPD. Os estímulos utilizados para  $L_1$  e  $L_2$  foram respectivamente, 70-70 dBNPS, 70-60 dBNPS, 65-65 dBNPS, 65-55 dBNPS, 60-60 dBNPS e 60-50 dBNPS, nas frequências primárias cuja média geométrica era 1, 2 e 4 kHz, mantendo-se uma razão de 1,22. As emissões foram aceitas quando estavam 3 dB acima do ruído de fundo. Comparando estímulos  $L_1$  e  $L_2$  de mesma intensidade as respostas de maior amplitude foram encontradas em 70-70 dBNPS. Quando comparadas às relações com uma diferença de 10 dB entre  $L_1$  e

L2, na frequência de 1 kHz a relação  $L1 > L2$ , sendo  $L1 = 65$  ou  $60$  dB NPS, desencadeou respostas significativamente maiores do que  $L1 = L2$ , porém, quando  $L1 = 70$  dB NPS a diferença entre as relações não foi significativa. Na frequência de 2 kHz, a relação  $L1 > L2$ , com  $L1 = 70$  ou  $65$  dB NPS desencadeou respostas significativamente maiores do que  $L1 = L2$ , porém quando  $L1 = 60$  dB NPS não houve diferenças significativas. Já para a frequência de 4 kHz sempre que  $L1 > L2$  as respostas foram significantemente maiores. Os autores concluíram que com a relação  $L1 > L2$ , as amplitudes foram maiores que  $L1 = L2$ . Constataram que as maiores respostas, em indivíduos normais foram obtidas com  $L1 = 70$  dB NPS, principalmente na relação 70-60 dB NPS. Porém, fazem-se necessários mais estudos em indivíduos com perda auditiva com presença de EOAPD na faixa estudada, para verificar se a diferença entre os níveis também aumentaria a amplitude ou se ela diminuiria com a influencia da redução da intensidade de L2.

Balkany et al. (1994) e Lonsbury-Martin et al. (1995) reforçaram em seus estudos que dentre as principais aplicações clínicas das emissões otoacústicas – produto de distorção estaria a possibilidade de monitorar as perdas auditivas induzidas por ruído, pois é sabido que a lesão nesse tipo de patologia tem início nas células ciliadas externas e posteriormente acomete as internas. Caso o indivíduo permaneça a níveis elevados de ruído isso poderá levá-lo a uma perda progressiva, principalmente em frequências altas. Os autores mencionaram ser possível com o teste de EOAPD identificar alterações iniciais mesmo antes de haver um comprometimento visível nos limiares tonais.

Stover et al. (1996) realizaram o teste de EOAPD em 210 indivíduos, de 7 a 86 anos de idade e de ambos os sexos. O objetivo do estudo foi examinar o efeito dos estímulos sobre a resposta das emissões, diferenciando esses achados em sujeitos com audição normal dos sujeitos com perda auditiva. Foram utilizadas as seguintes relações:  $L1=75$  dBNPS e  $L2= 65$  dBNPS numa fase,  $L1=65$  dBNPS e  $L2= 55$  dBNPS em outra e, para finalizar,  $L1=40$  dBNPS e  $L2= 30$  dBNPS. Os resultados mostraram que os estímulos médios definiram melhor as orelhas normais daquelas com perda auditiva, ao invés dos estímulos mais elevados ou fracos. Os autores referiram ser os estímulos  $L1 = 65$  dBNPS e  $L2 = 55$  dBNPS os melhores para eliciar as respostas acima de 500 Hz.

Estudos recentes realizados em indivíduos com diversos tipos de perdas auditivas neurosensoriais têm indicado como melhor protocolo do teste de EOAPD a relação de  $L1 > L2$ , ou mais especificamente,  $L1= 65$  e  $L2= 55$  dBNPS (Gorga et al., 1999; Mills, 2002; Avan e Bonfils, 2005; Dreisbach e Siegel, 2005).

O objetivo desta pesquisa foi estudar diferentes parâmetros de relação de níveis sonoros no teste de emissões otoacústicas – produto de distorção em indivíduos com e sem perdas auditivas.

## Método

### *Tipo de estudo, critérios de inclusão e descrição dos procedimentos*

A pesquisa foi um estudo transversal de inquérito que comparou os registros de emissões otoacústicas – produto de distorção realizados com diferentes relações de intensidade em indivíduos com e sem perda auditiva neurosensorial.

O grupo 1 foi composto por 80 indivíduos (160 orelhas) sem queixa otológica e sem referência de exposição a ruído ocupacional. A idade variou de 19 a 46 anos, sendo 132 (82,5%) orelhas do gênero masculino e 28 (17,5%) orelhas do feminino. O critério de inclusão, além dos já mencionados, foi apresentar limiares audiométricos entre 0 e 20 dBNA bilateralmente, nas frequências de 0,5 a 8 kHz.

O grupo 2 foi composto de 89 trabalhadores (135 orelhas) de uma indústria têxtil de 20 a 60 anos de idade, sendo 127 orelhas (94,1%) do sexo masculino e 8 orelhas (4,9%) do sexo feminino. A escolha dos trabalhadores foi por meio da análise dos prontuários no ambulatório médico da empresa. Todos os trabalhadores selecionados apresentavam perda auditiva neurosensorial de origem coclear, pois os mesmos estão expostos a ruído e apresentam o diagnóstico de perda auditiva induzida por ruído (PAIR), realizado por um médico otorrinolaringologista. A escolha do tipo de perda deveu-se ao fato de que a PAIR, em seu processo de desencadeamento, inicia-se com lesões em células ciliadas externas, estruturas estas de grande importância no fenômeno de EOA. Para participar da amostra, todos os indivíduos deveriam apresentar exclusivamente perda auditiva neurosensorial em pelo menos uma frequência audiométrica, na faixa de 3 a 8 kHz. O tempo de exposição a ruído na empresa variou de 6 meses a 32 anos.

Os procedimentos utilizados para selecionar a amostra foram uma breve anamnese, a medida de imitância acústica e a audiometria tonal. Inicialmente, os indivíduos do Grupo 1 responderam a uma primeira anamnese, que teve apenas a função de confirmar as ausências de queixas otológicas e exposição ocupacional a ruído. Posteriormente, todos foram submetidos à aplicação de anamnese com dados pessoais, ocupacionais e queixas relacionadas à audição (modelo proposto por Fiorini, 2000). A audiometria tonal foi realizada por via aérea nas frequências de 500 Hz, 1, 2, 3, 4, 6 e 8 kHz. Qualquer limiar a partir de 25 dBNA justificou a realização da medição por via óssea, nas frequências de 500 a 4 kHz. Porém, como a condição para inclusão na amostra foi apresentar limiares audiométricos entre 0 e 20 dBNA, não houve necessidade de realização da audiometria tonal via-óssea no Grupo 1. As audiometrias foram realizadas por fonoaudiólogos, em cabina acústica, segundo padrão ISO 8253-1(1989) e com audiômetro de 2 canais, devidamente calibrado (padrão ISO 389 – 1964) com fones TDH 39 e borracha MX41AR.

Todos os indivíduos, após a audiometria, foram submetidos à inspeção visual do meato acústico externo para a realização do teste de imitância acústica. Qualquer alteração de orelha média desqualificou o sujeito como parte da amostra. A principal razão dá-se pelo fato de que essa ocorrência poderia representar uma variável de confusão, uma vez que poderia ocasionar uma alteração no registro das emissões otoacústicas por razões não provenientes da cóclea. Dessa forma, somente foram aceitos indivíduos que apresentaram timpanometria do tipo A (Critério de Jerger e Mauldin, 1972) e com pico de máxima complacência entre -50 daPa e +50 daPa. No Grupo 1, também foi estabelecida presença do reflexo do músculo do estapédio para as vias ipsilateral (1 e 2 kHz) e contralateral (500 Hz, 1, 2 e 4 kHz), e a ausência do reflexo somente em 4 kHz foi aceita por ser um fato esperado na população de adultos.

O grupo 1 apresentou média de pico de pressão na timpanometria de -10,5 daPa, mínimo de -50 daPa, máximo de +50 daPa e desvio-padrão de 13,1. O grupo 2 apresentou média de pico de pressão na timpanometria de -33 daPa, mínimo de -50 daPa, máximo de +30 daPa e desvio-padrão de 9,37.

O teste de EOAPD foi realizado por intermédio de um *Dp-Gram*, que é obtido pela apresenta-

ção simultânea de dois tons puros f1 e f2. Esses tons puros, denominados frequências primárias, estão expressos pela razão de 1,22. Neste estudo foi utilizado o registro de resposta equivalente a 2f1-f2. Cada uma das frequências pode ser apresentada com níveis (em dBNPS) iguais e/ou diferentes; portanto, para f1 temos um L1 (nível 1) e para a f2 temos um L2 (nível L2). Utilizaram-se neste estudo duas relações de intensidade, ou seja, L1 = 65 e L2 = 55 dBNPS e L1 = L2 = 70 dBNPS (Gorga, 1996 e 1997, Fiorini, 2000). As frequências 2 avaliadas foram 1; 1,2; 1,5; 2; 2,5; 3; 4; 5 e 6 kHz (intervalos de 3 pontos por oitava). O teste foi iniciado com estímulos L1 = 65 e L2 = 55 dBNPS seguido de L1 = L2 = 70 dBNPS. Como critério de segurança, esperou-se que o ruído fosse inferior a -3 dBNPS nas frequências acima de 1 kHz para finalização do teste. Para o registro das emissões otoacústicas, foi utilizado um analisador de produto de distorção *ILO92DP and Transient OEA Analysis (Otodynamics Ltda)*, desenvolvido em 1992 pelo fisiologista inglês David Kemp, que atua no Institute of Laryngology and Otology (ILO), da Universidade de Londres, Inglaterra.

### Análise dos dados

Para o Grupo 1 (n= 160 orelhas), foram realizadas as seguintes análises:

- 1) Distribuição de média e desvio padrão dos limiares audiométricos nas frequências de 500 a 8 kHz, nas orelhas direita (OD) e esquerda (OE);
- 2) Análise da Matriz de correlação de Pearson para comparação entre os testes EOAPD com L1=L2= 70 dBNPS e L1= 65 e L2= 55 dBNPS do Grupo 1.
- 3) Ocorrência das EOAPD em cada frequência 2 (2; 2,5; 3; 4; 5 e 6 kHz) nas 160 orelhas. O critério utilizado para indicar a ocorrência das EOAPD foi que a amplitude da resposta em dBNPS deveria estar pelo menos 6 dBNPS acima do primeiro desvio padrão do ruído equivalente da frequência avaliada, ou 3 dB acima do segundo desvio padrão do ruído (Gorga, 1993).
- 4) Ocorrência das EOAPD nas 160 orelhas. Foi considerada como ausente qualquer falha em pelo menos uma das frequências 2 avaliadas.

Para o Grupo 2 (n= 135 orelhas), foram realizadas as seguintes análises:

- 1) Distribuição de média, mediana, mínimo, máximo e desvio padrão dos limiares audiométricos nas frequências de 500 a 8 kHz;
- 2) Análise dos limiares audiométricos segundo os diferentes graus de acometimento nas frequências de 0,5 a 8 kHz;
- 3) Análise comparativa dos registros quanto à presença e ausência de respostas das EOAPD com L1 = 65 dBNPS e L2 = 55 dBNPS e L1 = L2 = 70 dBNPS. O critério de presença de resposta foi o mesmo utilizado no Grupo 1;
- 4) Testes dos postos sinalizados de Wilcoxon por frequência para comparação dos resultados do *Dp-Gram* com L1 = L2 e L1 > L2 para as 135 orelhas;
- 5) Matriz de correlação de Spearman para comparação de resultados presentes (+) e ausentes (-) nas duas relações de intensidade da EOAPD, fixando-se as frequências audiométricas acometidas neste estudo quando os limiares estavam piores que 25 dBNA.

## Resultados

### Grupo 1 (sem perda auditiva)

A Tabela 1 apresenta os resultados audiométricos do Grupo 1, cujos participantes apresentavam limiares dentro dos limites da normalidade.

**Tabela 1 – Média (m) e desvio padrão (dp) dos limiares audiométricos em dB, nas frequências de 500 a 8kHz, nas orelhas direita (OD) e esquerda (OE), do grupo com limiares normais (Grupo 1)**

|               | Orelha Direita (em dB) |     | Orelha Esquerda (em dB) |     |
|---------------|------------------------|-----|-------------------------|-----|
|               | m                      | dp  | m                       | dp  |
| <b>500 Hz</b> | 6,4                    | 4,8 | 6,3                     | 4,4 |
| <b>1kHz</b>   | 3,8                    | 4,5 | 3,9                     | 4,0 |
| <b>2kHz</b>   | 2,6                    | 4,3 | 3,1                     | 4,4 |
| <b>3kHz</b>   | 3,2                    | 4,6 | 4,6                     | 5,2 |
| <b>4kHz</b>   | 4,4                    | 5,9 | 5,4                     | 6,6 |
| <b>6kHz</b>   | 10,2                   | 6,1 | 10,9                    | 6,1 |
| <b>8kHz</b>   | 5,5                    | 6,2 | 5,7                     | 5,8 |

A Tabela 2 apresenta os valores da correlação entre os testes L1 = L2 = 70 dBNPS e L1 = 65 e L2 = 55 dBNPS, no grupo com limiares normais.

Os resultados da Matriz de Pearson indicaram correlações significativas entre todas as frequências,

com nível de significância de 1% (bicaudal) ou 0,5% (monocaudal). Desta forma, podemos afirmar que, à medida que aumenta a resposta do teste com L1=L2=70 dBNPS, aumenta também a resposta do teste com L1= 65 e L2= 55 dBNPS. Considerando que não ocorreu diferença nos resultados obtidos nessas diferentes relações de intensidade, foi utilizado o teste com L1=65 e L2=55 dBNPS para indicar ocorrência de falha nas EOAPD.

O teste de EOAPD foi analisado segundo falha em cada uma das frequências analisadas no grupo com limiares normais (Tabela 3).

Considerando como ausência no teste de EOAPD qualquer alteração em pelo menos uma das frequências analisadas, obtivemos prevalência de 70% de presença e 30% de ausência no grupo com limiares normais.

### Grupo 2 (com perda auditiva)

A Tabela 4 apresenta as medidas de tendência central e variabilidade dos limiares audiométricos no grupo de sujeitos com perdas auditivas neurosensoriais.

A Tabela 5 e a Figura 1 indicam a distribuição dos limiares audiométricos nas frequências analisadas no grupo com perda auditiva (Grupo 2).

Os resultados das medidas de tendência central e variabilidade das respostas nos dois testes de EOAPD realizados no grupo com perda auditiva são apresentados na Tabela 6.

A Tabela 7 e a Figura 2 indicam a prevalência de respostas presentes nos dois testes de EOAPD no grupo 2.

A presença passou a ter diferença estatisticamente significativa a partir de 2,5 kHz (Wilcoxon,  $Z=-2,117$ ,  $p=0,034$ ). A diferença foi ainda maior na frequência de 3 kHz (Wilcoxon,  $Z=-3,900$ ,  $p<0,001$ ) de 4 kHz (Wilcoxon,  $Z=-5,477$ ,  $p<0,001$ ), 5 kHz (Wilcoxon,  $Z=-5,096$ ,  $p<0,001$ ) e 6 kHz (Wilcoxon,  $Z=-4,950$ ,  $p<0,001$ ). No teste com L1=L2= 70 dBNPS um número maior de respostas presentes em todas as frequências 2, mesmo considerando ser esse o grupo com perdas auditivas a partir de 3 kHz.

As tabelas 8 e 9 indicam os resultados de significância estatística (p) de Spearman para as relações dos limiares audiométricos de 3, 4 e 6 kHz e o teste de EOAPD nas frequências f2 3, 4, 5 e 6 kHz para L1=65 e L2=55 dBNPS e para L1=L2= 70 dBNPS, no Grupo 2.

**Tabela 2 – Matriz de correlação de Pearson nos testes de EOAPD com L1 = L2 = 70 dBNPS e L1= 65 e L2= 55 dBNPS, no Grupo 1**

|          |        | 70/70dB |        |        |        |        |        |
|----------|--------|---------|--------|--------|--------|--------|--------|
|          |        | 2kHz    | 2,5kHz | 3kHz   | 4kHz   | 5kHz   | 6kHz   |
| 65/55 dB | 2kHz   | ,910**  | –      | –      | –      | –      | –      |
|          | 2,5kHz | –       | ,879** | –      | –      | –      | –      |
|          | 3kHz   | –       | –      | ,824** | –      | –      | –      |
|          | 4kHz   | –       | –      | –      | ,886** | –      | –      |
|          | 5kHz   | –       | –      | –      | –      | ,914** | –      |
|          | 6kHz   | –       | –      | –      | –      | –      | ,928** |

\*\* correlação com nível de significância de 1% (bicaudal)

**Tabela 3 – Número e porcentagem de falhas nos teste de EOAPD, por frequência, pelo número de indivíduos do Grupo 1 (n= 80)**

| GRUPO 1 |     |         |      |       |      |       |     |       |     |       |     |
|---------|-----|---------|------|-------|------|-------|-----|-------|-----|-------|-----|
| 2 kHz   |     | 2,5 kHz |      | 3 kHz |      | 4 kHz |     | 5 kHz |     | 6 kHz |     |
| N       | %   | N       | %    | N     | %    | N     | %   | N     | %   | N     | %   |
| 5       | 6,2 | 12      | 15,0 | 14    | 17,5 | 4     | 5,0 | 1     | 1,3 | 7     | 8,7 |

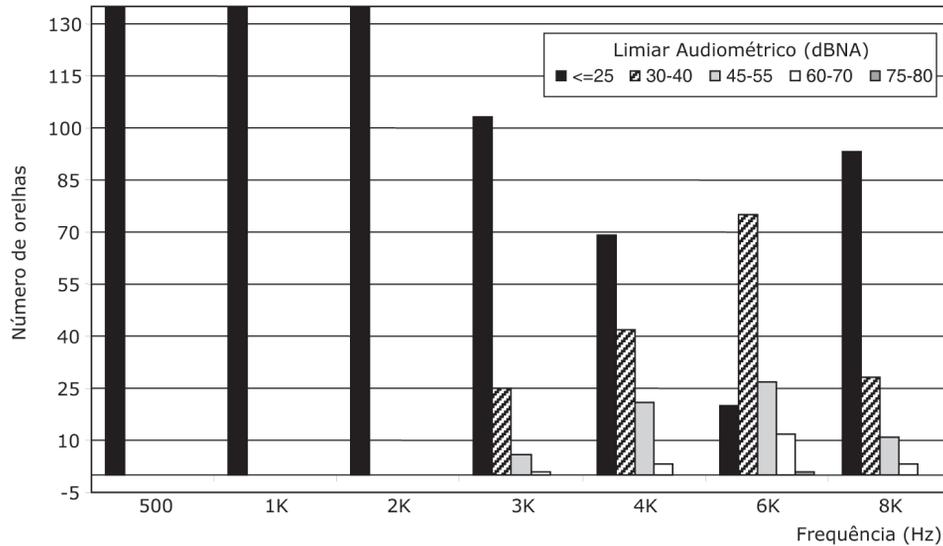
**Tabela 4 – Média, mediana, mínimo, máximo e desvio padrão (dp) dos limiares audiométricos em dBNA, das frequências de 500 Hz a 8 kHz, nas 135 orelhas testadas**

| F(Hz)      | Média | Mediana | Mínimo | Máximo | d.p. |
|------------|-------|---------|--------|--------|------|
| <b>500</b> | 8,6   | 10      | 0      | 25     | 4,9  |
| <b>1K</b>  | 9,6   | 10      | 0      | 25     | 5,3  |
| <b>2K</b>  | 10,7  | 10      | 0      | 25     | 7,2  |
| <b>3K</b>  | 20,3  | 15      | 0      | 60     | 12,2 |
| <b>4K</b>  | 29,0  | 25      | 5      | 65     | 13,5 |
| <b>6K</b>  | 38,5  | 35      | 10     | 80     | 12,5 |
| <b>8K</b>  | 24,4  | 20      | 5      | 65     | 12,9 |

**Tabela 5 – Distribuição das 135 orelhas de acordo com os diferentes limiares audiométricos (dBNA) e pelas 7 frequências (Hz) testadas**

|                 |     | Limiar Audiométrico (dBNA) |     |       |    |       |    |       |   |       |   | Total |     |
|-----------------|-----|----------------------------|-----|-------|----|-------|----|-------|---|-------|---|-------|-----|
|                 |     | <=25                       |     | 30-40 |    | 45-55 |    | 60-70 |   | 75-80 |   |       |     |
|                 |     | n                          | %   | n     | %  | n     | %  | n     | % | n     | % | n     | %   |
| Frequência (Hz) | 500 | 135                        | 100 | 0     | 0  | 0     | 0  | 0     | 0 | 0     | 0 | 0     | 0   |
|                 | 1K  | 135                        | 100 | 0     | 0  | 0     | 0  | 0     | 0 | 0     | 0 | 0     | 0   |
|                 | 2K  | 135                        | 100 | 0     | 0  | 0     | 0  | 0     | 0 | 0     | 0 | 0     | 0   |
|                 | 3K  | 103                        | 76  | 25    | 19 | 6     | 4  | 1     | 1 | 0     | 0 | 135   | 100 |
|                 | 4K  | 69                         | 51  | 42    | 31 | 21    | 16 | 3     | 2 | 0     | 0 | 135   | 100 |
|                 | 6K  | 20                         | 15  | 75    | 56 | 27    | 20 | 12    | 9 | 1     | 1 | 135   | 100 |
|                 | 8K  | 93                         | 69  | 28    | 21 | 11    | 8  | 3     | 2 | 0     | 0 | 135   | 100 |

**Figura 1 – Distribuição das 135 orelhas de acordo com os diferentes limiares audiométricos (em dBNA) e pelas 7 freqüências (Hz) sob teste (n= 135)**



**Tabela 6 – Média, mediana, mínimo, máximo e desvio padrão (dp) em dBNPS das freqüências 2 para as duas relações de intensidade no teste de EOAPD**

|                  |     | (f2)  |       |         |       |        |       |        |       |       |       |
|------------------|-----|-------|-------|---------|-------|--------|-------|--------|-------|-------|-------|
|                  |     | Média |       | Mediana |       | Mínimo |       | Máximo |       | d.p.  |       |
|                  |     | 65/55 | 70/70 | 65/55   | 70/70 | 65/55  | 70/70 | 65/55  | 70/70 | 65/55 | 70/70 |
| Freqüência (KHz) | 2,0 | 0,5   | 3,3   | 1,3     | 4,6   | -21,5  | -18,1 | 15,9   | 15,1  | 7,3   | 6,8   |
|                  | 2,5 | -3,7  | -0,6  | -2,4    | 0,5   | -23,0  | -22,6 | 12,3   | 13,6  | 7,6   | 7,5   |
|                  | 3,0 | -7,2  | -2,5  | -5,7    | -1,3  | -27,9  | -30,0 | 12,9   | 14,4  | 9,4   | 8,5   |
|                  | 4,0 | -5,7  | -0,7  | -5,8    | -1,1  | -30,4  | -34,9 | 16,0   | 17,2  | 9,7   | 8,2   |
|                  | 5,0 | -1,9  | 5,5   | -1,6    | 7,1   | -28,5  | -32,9 | 21,2   | 26,4  | 10,5  | 9,7   |
|                  | 6,0 | -5,1  | 0,1   | -5,2    | 0,7   | -31,5  | -31,5 | 15,5   | 18,3  | 9,3   | 9,2   |

**Tabela 7 – Distribuição das orelhas que apresentaram presença das EOAPD para L1 = 65 e L2 = 55 dBNPS e L1 = L2 = 70 dBNPS em cada f2 (n= 135)**

|                    |     | Relação de Intensidade (em dBNPS) |    |       |    |
|--------------------|-----|-----------------------------------|----|-------|----|
|                    |     | 65/55                             |    | 70/70 |    |
|                    |     | n                                 | %  | n     | %  |
| Freqüência 2 (KHz) | 2,0 | 115                               | 85 | 119   | 88 |
|                    | 2,5 | 102                               | 76 | 113   | 84 |
|                    | 3,0 | 71                                | 53 | 92    | 68 |
|                    | 4,0 | 85                                | 63 | 115   | 85 |
|                    | 5,0 | 90                                | 67 | 121   | 90 |
|                    | 6,0 | 70                                | 52 | 98    | 73 |

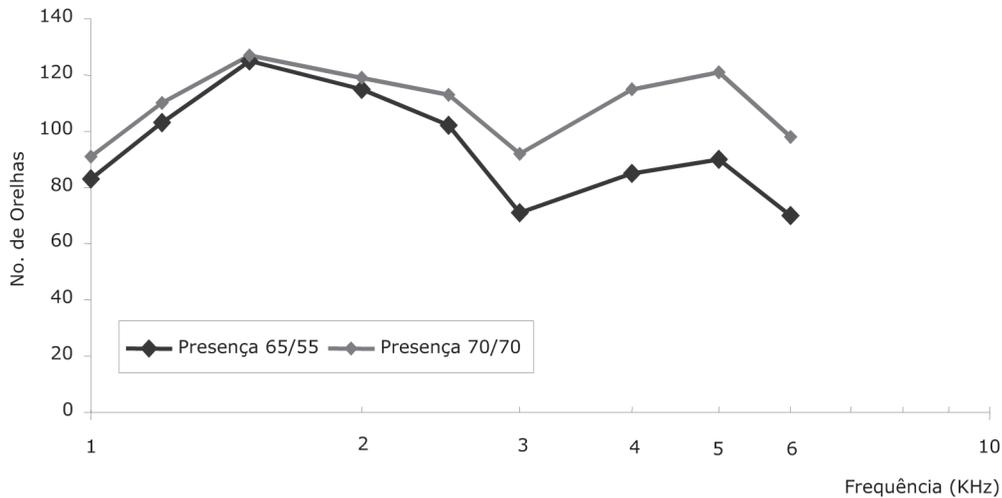
Houve correlação também entre a idade, tempo de exposição a ruído ocupacional e a perda auditiva nas respostas da EOAPD 65/55 dBNPS (correlação negativa), ou seja, quanto maior a idade, o tempo de exposição a ruído ocupacional e a perda

auditiva, menores foram as respostas das EOAPD 65/55 ( $r=-0,243$ ;  $p=0,004$  /  $r=-0,228$ ;  $p=0,008$  /  $r=-0,563$   $p<0,001$ ). Porém para a EOAPD 70/70 a correlação negativa ocorreu apenas com a perda auditiva ( $r=-0,417$ ;  $p<0,001$ ).

## Discussão

Os resultados das audiometrias indicaram, no Grupo 1, cujos integrantes tinham limiares normais, piores médias dos limiares nas freqüências de 6, 8 e 4 kHz respectivamente (Tabela 1); cabe ressaltar que, apesar de os indivíduos não terem exposição ocupacional a ruído, todos relataram na anamnese ao menos um hábito de lazer com música amplificada. As médias na freqüência de 0,5 kHz também estavam altas, porém, provavelmente por influência de ruído externo durante a realização dos exames audiométricos. Mesmo garantindo que o am-

**Figura 2 – Distribuição das orelhas que apresentaram presença das EOAPD para L1=65 e L2=55 dBNPS e L1=L2=70 dBNPS**



**Tabela 8 – Probabilidades das correlações de Spearman entre as variáveis audiometria tonal nas frequências de 3 k, 4 k e 6 kHz e o teste de EOAPD nas frequências 2 de 3 k, 4 k, 5 k e 6 kHz com L1=65 e L2= 55 dBNPS**

|                  |     | EOAPD f2 |         |         |         |
|------------------|-----|----------|---------|---------|---------|
|                  |     | 65/55    |         |         |         |
|                  |     | 3 KHz    | 4 KHz   | 5 KHz   | 6 KHz   |
| Limiar Audio KHz | 3,0 | p<0,001  | p<0,001 | p<0,001 | p<0,001 |
|                  | 4,0 | p=0,049  | p=0,001 | -       | -       |
|                  | 6,0 | -        | -       | -       | p<0,001 |

**Tabela 9 – Probabilidades das correlações de Spearman entre as variáveis audiometria tonal nas frequências de 3 k, 4 k e 6 kHz e o teste de EOAPD nas frequências 2 de 3 k, 4 k, 5 k e 6 kHz com L1=L2= 70 dBNPS**

|                  |     | EOAPD f2 |         |       |         |
|------------------|-----|----------|---------|-------|---------|
|                  |     | 70/70    |         |       |         |
|                  |     | 3 KHz    | 4 KHz   | 5 KHz | 6 KHz   |
| Limiar Audio KHz | 3,0 | p=0,003  | P<0,001 | -     | -       |
|                  | 4,0 | p=0,027  | p=0,002 | -     | -       |
|                  | 6,0 | -        | -       | -     | p=0,003 |

biente para realização do teste esteja de acordo com as normas internacionais, o ruído ambiental eventual pode influenciar negativamente os limiares de frequências mais baixas (Franks et al., 1992).

A análise do teste emissões otoacústicas por produto de distorção (EOAPD) se iniciou com a comparação das possíveis diferenças nas amplitudes de resposta no “dp-gram” obtidas com L1=L2= 70 dBNPS e com L1= 65 e L2= 55 dBNPS. Por intermédio da matriz de correlação de Pearson (Ta-

bela 2), observamos correlação significativa em todas as amplitudes de respostas nas frequências sob teste (2 k, 2,5 k, 3 k, 4 k, 5 k e 6 kHz), comparando os valores obtidos por meio de diferentes relações de intensidade. Essa constatação estatística difere de alguns estudos que indicaram diferenças nos resultados quando utilizadas relações diversas de intensidade, concluindo que o melhor seria L1 – L2 = 10 dB, para investigar a propriedade coclear de seletividade de frequência (Lonsbury-

Martin et al., 1987, Hauser e Probst, 1991; Probst et al., 1991; Osterhammel e Rasmussen, 1992). É importante ressaltarmos que a amostra do Grupo 1 foi composta por sujeitos com limiares audiométricos dentro dos padrões de normalidade, e, talvez devido a isso, não encontramos diferenças significativas entre as duas relações de intensidade utilizadas. Porém, quando nos reportamos às aplicações clínicas do teste de EOAPD, a utilização de níveis abaixo de 70 dBNPS pode proporcionar informações importantes relacionadas à especificidade de frequência no dano coclear, auxiliando o diagnóstico médico (Avan e Bonfils, 1993).

Considerando o teste EOAPD com  $L1=65$  e  $L2=55$  dBNPS, foi realizada uma análise de falha por frequência 2 (2k, 2,5k, 3k, 4k, 5k e 6 kHz), em pelo menos uma orelha de cada indivíduo do Grupo 1 (Tabela 3). O critério utilizado para indicar falha foi um valor inferior a 3 dBNPS na diferença entre a amplitude de resposta e o segundo desvio-padrão do ruído na mesma frequência. Os resultados da Tabela 3 indicam que as falhas foram maiores nas frequências 2 de 2,5k e 3 kHz. A prevalência de respostas presentes no teste de EOAPD foi de 70% no grupo dos indivíduos com limiares normais. A ocorrência de falha no teste, em pelo menos uma frequência, foi de 30%. Tais resultados, sob o ponto de vista clínico, tornam-se importantes por indicarem uma ocorrência não esperada de falhas no teste, em pelo menos uma frequência e em pelo menos uma orelha, nos indivíduos do grupo 1. A investigação criteriosa da resposta, por frequência sob teste, proporciona resultados que deveriam, no mínimo, indicar sujeitos que necessitam de acompanhamento longitudinal.

Com relação ao Grupo 2, com perda auditiva, na Tabela 4 observamos que a ordem de acometimento das frequências audiométricas indicou maiores medianas e médias nas frequências de 6, 4, 8 e 3 kHz respectivamente. Esse achado caracteriza a concepção mais recente da instalação da PAIR que acomete inicialmente a faixa de frequência entre 3 e 6 kHz. Os dados das tabelas 4 e 5 e da Figura 2 indicaram concordância com a literatura, que demonstra que normalmente a ordem de acometimento das frequências é a de 6, 4, 8, 3, e 2 kHz ou 4, 6, 8, 3 e 2 kHz tendo seu início normalmente em 6, 4 ou 3 kHz e, com a progressão, atinge 8, 2, 1, 0,5 e 0,25 kHz (Axelsson, 1979; OPAS – OMS, 1980; Fiorini, 2000; Acoem, 2003).

Durante toda a análise dos resultados do teste de EOAPD no Grupo 2 (com perda auditiva), a relação que melhor expressou a alteração audiométrica das 135 orelhas foi a  $L1=65$  e  $L2=55$  dBNPS (Tabelas 6, 7, 8 e 9). Apesar de observarmos em algumas frequências maiores respostas na relação  $L1=L2=70$  dBNPS, o resultado não expressou com clareza o comprometimento audiométrico. A Tabela 7 indicou um número maior de presença de respostas com  $L1=L2=70$  dBNPS, sendo obtidas diferenças estatisticamente significantes com relação aos resultados do teste com  $L1=65$  e  $L2=55$  dBNPS, a partir da frequência 2 de 2 kHz. Considerando os dados da Tabela 5 que indicaram uma concentração de perdas auditivas entre 30 e 55 dBNA na faixa entre 3k e 8 kHz, pode-se inferir que os resultados com  $L1=L2=70$  dBNPS estimam respostas maiores que mascaram possíveis alterações auditivas. Estudos como os de Harris (1990) e Harris e Probst (1991) indicaram também que  $L1=L2$  produziam respostas maiores no teste de EOAPD. Além disso, pesquisas como as de Hauser e Probst (1991), Probst e Harris (1993) e Stover et al. (1996) concluíram que a melhor relação de intensidade foi  $L1-L2=10$  dBNPS, por ser a que melhor expressava o comportamento coclear.

O uso de níveis elevados pode fazer com que a especificidade de frequência do teste de EOAPD desapareça, ou seja, as EOAPD podem estar presentes em  $f2$ , mesmo em casos em que a perda auditiva for muito maior que 30 dBNA. Segundo Avan e Bonfils (1993) e Prieve et al., (1993) esse achado pode sugerir que, além das células ciliadas externas, outras estruturas estariam envolvidas na perda auditiva, podendo até mesmo o fenômeno do recrutamento ser o responsável pelo aparecimento da resposta. As diferenças na presença de respostas no grupo com perda auditiva pode ser observada na Figura 3. Gorga et al. (1996 e 1997) demonstraram que, dependendo do nível do estímulo apresentado, pode haver uma separação das orelhas normais, daquelas com perda auditiva. Desta forma, os autores recomendam o uso de  $L1=65$  e  $L2=55$  dBNPS. Assim, mesmo não tendo sido observada diferença estatisticamente significativa na comparação dos resultados do Grupo 1, os achados relativos ao Grupo 2 (com perda auditiva) são suficientes para acreditarmos que o melhor parâmetro para o teste de EOAPD é com  $L1=65$  e  $L2=55$  dBNPS.

As tabelas 8 e 9 indicaram maiores probabilidades da correlação de Spearman entre limiares audiométricos e resposta das EOAPD para  $L1=65$  e  $L2=55$  dBNPS, quando comparado com  $L1=L2=70$  dBNPS. Além disso, o teste com  $L1=L2=70$  dBNPS apresentou correlação apenas com a variável perda auditiva, enquanto o teste com  $L1=65$  e  $L2=55$  dBNPS apresentou com perda auditiva, idade e tempo de exposição a ruído ocupacional.

De forma geral, a análise da ocorrência da resposta por frequência, bem como do valor da resposta em dB, faz do teste de emissões otoacústicas – produto de distorção um importante instrumento de avaliação clínica e acompanhamento de possíveis alterações nas respostas tanto de indivíduos sem perdas auditivas, quanto de indivíduos com perdas auditivas. Considerando as possíveis aplicações do teste de EOAPD, o parâmetro de  $L1=65$  e  $L2=55$  dBNPS mostrou ser o mais sensível na identificação de alterações auditivas.

## Conclusões

- Não foram observadas diferenças estatisticamente diferentes na correlação do teste de EOAPD com  $L1=65$  e  $L2=55$  dBNPS e  $L1=L2=70$  dBNPS do Grupo 1 (sem perda auditiva);
- A prevalência de respostas presentes no teste de EOAPD foi de 70% no Grupo 1 (com limiares normais);
- A magnitude das perdas auditivas no Grupo 2 (com perda auditiva) foi de 30 a 55 dBNA nas frequências de 3 a 8 kHz;
- Houve diferença estatisticamente significativa na presença de respostas de EOAPD entre os testes com  $L1=65$  e  $L2=55$  dBNPS e  $L1=L2=70$  dBNPS, a partir da frequência 2 de 2 kHz;
- O teste de EOAPD com  $L1=L2=70$  dBNPS apresentou correlação apenas com a variável perda auditiva;
- O teste de EOAPD com  $L1=65$  e  $L2=55$  dBNPS apresentou correlação com as variáveis perda auditiva, idade e tempo de exposição;
- Na análise geral, o teste com  $L1=65$  e  $L2=55$  dBNPS mostrou ser o mais indicado tanto para indivíduos com perdas auditivas quanto sem.

## Referências

- American College of Occupational and Environmental Medicine – Acoem evidence-based statement noise-induced hearing loss. *J Occup. Environ Med* 2003;45(6):579-81.
- Avan P, Bonfils P. Frequency specificity of human distortion product otoacoustic emissions. *Audiology* 1993;32: 12-26.
- Avan P, Bonfils P. Distortion-product otoacoustic emission spectra and high-resolution audiometry in noise-induced hearing loss. *Hear Res* 2005;209(1-2):68-75.
- Axelsson A. Diagnosis and treatment of occupational noise induced hearing loss. *Acta Otolaryngol* 1979;Suppl 360:86-7.
- Balkany T, Telischi FF, McCoy MJ, Lonsbury-Martin BL, Martin GK. Otoacoustic emissions in otologic practice. *Am J Otol* 1994;15(1 Suppl 1):29-38.
- Dreisbach LE, Siegel JH. Level dependence of distortion-product otoacoustic emissions measured at high frequencies in humans. *J Acoust Soc Am* 2005;117(5):2980-8
- Fiorini AC. O uso de registros de emissões otoacústicas como instrumento de vigilância epidemiológica de alterações auditivas em trabalhadores expostos a ruído [tese]. São Paulo: Universidade de São Paulo; 2000.
- Franks JR, Engel DP, Themann CL. Real ear attenuation at threshold for three audiometric headphone devices: implications for maximum permissible ambient noise level standards. *Ear Hear* 1992;13(1):2-10.
- Gorga MP, Neely ST, Bergman B, Beauchaine KL, Kaminski JR, Peters J. Otoacoustic emissions from normal-hearing and hearing-impaired subjects: distortion product responses. *J Acoust Soc Am* 1993;93(4 Pt 1):2050-60.
- Gorga MP, Neely ST, Dorn PA. Distortion product otoacoustic emission test performance for a priori criteria and for multifrequency audiometric standards. *Ear Hear* 1999;20(4):345-62.
- Harris FP. Distortion-product otoacoustic emissions in humans with high frequency sensorineural hearing loss. *J Speech Hear Res* 1990;33:594-600.
- Harris FP, Probst R. Reporting click-evoked and distortion-product otoacoustic emission results with respect to the pure-tone audiogram. *Ear Hear* 1991;12:399-405.
- Hauser R, Probst R. The influence of systematic primary-tone level variation  $L2-L1$  on the acoustic distortion product emission  $2f1-f2$  in normal human ears. *J Acoust Soc Am* 1991;89(1):280-6.
- Jerger J, Mauldin L. Studies in impedance audiometry I: normal and sensorineural ears. *Arch Otolaryngol* 1972;96:513-23
- Leonard G, Smurzynski J, Jung MD, Kim DO. Evaluation of distortion product otoacoustic emissions as a basis for the objective clinical assessment of cochlear function. *Adv Audiol* 1990;7:139-48.
- Lonsbury-Martin BL, Martin GK, Probst R, Coots AC. Acoustic distortion products in rabbits, I: basic features and physiological vulnerability. *Hear Res* 1987;(28):173-89.
- Lonsbury-Martin BL, Harris FP, Stagner BB, Hawkins MD, Martin GK. Distortion-product otoacoustic emissions in humans, I: basic properties in normally hearing subjects. *Ann Otol Rhinol Laryngol* 1990a;(147 Suppl):3-14.
- Lonsbury-Martin BL, McCoy MJ, Whitehead ML, Martin GK. Clinical testing of distortion-product otoacoustic emissions. *Ear Hear* 1993a;1(1):11-22.



Lonsbury-Martin BL, Whitehead ML, Martin GK. Distortion-product otoacoustic emissions in normal and impaired ears: insight into generation processes. *Prog Brain Res* 1993;97:77-90.  
Lonsbury-Martin BL, McCoy MJ, Whitehead ML, Martin GK. New approaches to the evaluation of the auditory system and a current analysis of otoacoustic emissions. *Otolaryngol Head Neck Surg* 1995;(112):50-63.

Mills DM. Interpretation of standard distortion product otoacoustic emission measurements in light of the complete parametric response. *J Acoust Soc Am* 2002;112(4):1545-60.

Nishino L, Ravagnani MP, Azambuja MJ, Lopes Filho O, Carlos R. Análise das amplitudes das EOAPD nas frequências de 1, 2 e 4 kHz, em orelhas normais, a partir da variação das intensidades dos estímulos primários. *Rev Bras Otolaryngol* 2001;67(3): 307-16.

Organizacion Panamericana de la Salud, Organizacion Mundial de la Salud. Criterios de salud ambiental – 12: el ruido. México: OMS; 1980.

Osterhammel PA, Rasmussen NA. Distortion product otoacoustic emissions: basic properties and clinical aspects. *Hear J* 1992;45(11):38-41.

Prieve BA, Gorga MP, Schmidt A, Neely S, Peters J, Schulte P, et al. Analysis of transient-evoked otoacoustic emissions in normal-hearing and hearing-impaired ears. *J Acoust Soc Am* 1993;93(6):3308-19.

Probst R, Hauser R. Distortion product otoacoustic emissions in normal and hearing-impaired ears. *Am J Otolaryngol* 1990;11:236-43.

Probst R, Lonsbury-Martin BL, Martin GK. A review of otoacoustic emissions. *J Acoust Soc Am* 1991;89: 2027-67.

Probst R, Harris FP, Hauser R. Clinical monitoring using otoacoustic emissions. *Br J Audiol* 1993; 27:85-90.

Smurzynski J, Leonard G, Kim DO, Lafreniere D, Jung M. Distortion product otoacoustic emissions in normal and impairment adult ears. *Arch Otolaryngol Head Neck Surg* 1990;116:1309-16.

Spektor Z, Leonard G, Kim Do, Jung MD, Smurzynski J. Otoacoustic emissions in normal and hearing-impaired children and normal adults. *Laryngoscopy* 1991;101:965-76.

Stover L, Gorga MP, Neely ST, Montoya D. Toward optimizing the clinical utility of distortion product otoacoustic emissions measurements. *J Acoust Soc Am* 1996;100(2 Pt 1): 956-67.

**Recebido em setembro/05; aprovado em dezembro/05.**

**Endereço para correspondência**

Ana Claudia Fiorini

Rua Afonso Celso, 1102, ap. 32-A, São Paulo, SP,

CEP 04119-061

**E-mail:** [acfiorini@pucsp.br](mailto:acfiorini@pucsp.br)

