

# Estudo do padrão de respostas das curvas de crescimento (dp growth rate) das emissões otoacústicas produto de distorção em indivíduos com audição normal

# Study of the dp growth rate answers pattern of the otoacoustic emission distortion product in normal hearing people

Juliana B. Tiradentes<sup>1</sup>,  
Carmen Z. V. Coube<sup>2</sup>,  
Orozimbo A. Costa Filho<sup>3</sup>

Palavras-chave: audição, emissões otoacústicas, curvas de crescimento.

Key words: hearing, otoacoustic emissions, growth rates.

## Resumo / Summary

**F**orma de estudo: clínico prospectivo randomizado. **Material e método:** no presente trabalho foram registradas respostas das curvas de crescimento nas frequências de 1000, 2000, 4000 e 5000 Hertz com estímulo sonoro de 45 a 70 dB NPS em passos de 5 dB por ponto, sendo a proporção F2/F1 igual a 1.22. Foram avaliados 16 indivíduos audiológicamente normais (limiar < ou =20dB Na) na faixa etária de 18 a 25 anos. O equipamento utilizado para o teste foi o ILO 92 OTODYNAMIC Ltd. As respostas foram consideradas presentes quando se encontravam 3dB acima do ruído de fundo. **Resultado:** Não houve diferença estatisticamente significativa com relação a idade, sexo e orelha direita/esquerda. A ocorrência das EOAPD foi de 100% nas frequências de 2000, 4000, e 5000 Hertz e 84,37% na frequência de 1000 Hertz quando a cóclea foi estimulada a 70 dB NPS. **Conclusão:** As curvas de crescimento apresentaram inclinação de aspecto linear sem “plateau”, já o ruído de fundo manteve-se constante, apresentando pequena ascensão a partir do estímulo de 55 dB NPS.

**S**tudy design: clinical prospective randomized. **Material and method:** at the present work it was registered answers of the growth rates at frequencies of 1,000, 2,000, 4,000 and 5,000 Hertz with sound stimulus of 45 to 70 dB SPL in beats of 5 dB per point, being the F2/F1 rate equals to 1.22. Sixteen normally hearing “perfect” people between 18 to 25 years old were evaluated. The equipment used for the test was the ILO 92 OTODYNAMIC Inc. The answers were considered present when 3 dB above the back noise was registered. **Result:** There was no statistics significant difference in relation to age, sex and right ear and left ear. The DPOAE occurrence was of 100% at the frequencies of 2,000, 4,000 and 5,000 Hertz and of 84.37% at the 1,000-Hertz frequency when the cochlea was stimulated at 70 dB SPL. **Conclusion:** The growth rates showed a linear aspect inclination without plateau, although the back noise kept itself constant, showing a slight increase from the 55-dB SPL stimulus.

<sup>1</sup> Especializanda em Audiologia Clínica pela Universidade de São Paulo (USP), Bauru- SP.

<sup>2</sup> Docente do Curso de Fonoaudiologia da Faculdade de Odontologia de Bauru (FOB) da USP, Doutora em Ciências (Audiologia) pelo Hospital de Reabilitação de Anomalias Craniofaciais (HRAC) da USP e Pesquisadora do Centro de Pesquisas Audiológicas (CPA) da USP, Bauru-SP.

<sup>3</sup> Professor Livre-Docente em Otorrinolaringologia do Curso de Fonoaudiologia da FOB -USP, Médico Otorrinolaringologista e Coordenador do CPA- HRAC-USP- Bauru/SP.

Endereço para correspondência: Centro de Pesquisas Audiológicas do HRAC-USP Rua Sílvio Marchione, 3-20 - 17043-900 - Bauru - SP.  
Telefone: (0xx14)235 8433. Fax: (0xx14)234 2280 - E-mail: czvcoube@fob.usp.br

Trabalho realizado no Centro de Pesquisas Audiológicas (CPA) do Hospital de Reabilitação de Anomalias Craniofaciais (HRAC) da Universidade de São Paulo - Bauru - SP, apresentado como Monografia de Especialização em Audiologia Clínica.  
Artigo recebido em 10 de outubro de 2001. Artigo aceito em 20 de novembro de 2001.

---

## INTRODUÇÃO

---

As emissões otoacústicas podem ser definidas como energia sonora liberada pela cóclea e transmitida de forma reversa através da orelha média até alcançar o meato acústico externo, onde são captadas por uma sonda e registradas em um computador<sup>7</sup>.

O exame das emissões otoacústicas-produto de distorção (EOAPD) consiste em um método que registra as respostas das células ciliadas externas (CCE) presentes no Órgão de Corti que, quando íntegras, atuam a favor dos mecanismos fisiológicos normais do ouvido interno<sup>4,12</sup>.

Esses sons são de amplitude bastante pequena, portanto, devem ser amplificados de tal modo que possam ser registrados e analisados. O conjunto tímpano-ossicular deve estar íntegro para que esses sons provenientes da cóclea possam ser captados no meato acústico externo. Assim, a realização da timpanometria é considerada um pré-requisito para o exame, já que qualquer alteração poderá diminuir ou até abolir a ocorrência de emissões otoacústicas.

As EOAPD surgem a partir da interação não-linear de dois tons puros simultâneos, aplicados dentro da cóclea<sup>6</sup>. Os dois tons apresentam-se com duas frequências diferentes (F1 e F2), as quais são chamadas de frequências primárias. Em humanos, a mais ampla EOAPD ocorre na frequência equivalente a  $2 F1 - F2$  onde  $F1 < F2$ .

Os produtos de distorção são tecnologicamente um dos tipos de emissões otoacústicas mais fáceis de se medir, são relativamente livres de artefato e não requerem nenhum processamento posterior<sup>5,10</sup>.

Na clínica, os produtos de distorção podem ser obtidos de 3 formas:

1. Gráfico amplitude espectro: análise das respostas ao estímulo acústico numa determinada frequência e intensidade;
2. PD Grama: amplitude das emissões são obtidas em diversas frequências a uma intensidade sonora pré-fixada;
3. Curvas de crescimento (DP Growth Rate): analisa as respostas em uma frequência particular e em intensidades diversas, buscando o limiar da resposta aos estímulos apresentados.

Vários pesquisadores têm estudado a importância e a utilização clínica das curvas de crescimento das EOAPD.

A curva de crescimento é uma forma comum das EOAPD, a qual é obtida através de uma frequência particular, em que a amplitude da emissão é registrada como uma função de crescimento sistemático nos níveis de tons primários. A média geométrica específica de frequências examinadas é equivalente às frequências audiométricas em 500, 1000, 2000, 3000, 4000, 6000 e 8000 Hertz.

A curva de crescimento pode fornecer informações sobre o limiar e o comportamento de crescimento do

produto de distorção, mas para um número reduzido de frequências dentro de um determinado período de tempo. Neste teste ainda não está claro qual o parâmetro que oferece maior informação: limiar, amplitude máxima ou ponto de saturação (se a função realmente saturar)<sup>5</sup>.

Lonsbury-Martin e col.<sup>9</sup> estudaram as propriedades básicas das emissões otoacústicas-produto de distorção em indivíduos com audição dentro da normalidade. Os dados foram obtidos de 44 ouvidos de 22 adultos jovens, na faixa etária de 21 a 30 anos de idade. Dois sinais de tom puro de níveis iguais, F1 e F2, foram apresentados simultaneamente nas frequências do tom primário, os quais geraram  $2f1-f2$  EOAPD entre 0,750 e 5,750 Hertz. As curvas de crescimento foram geradas com estímulos primários de 25 a 85 dB NPS (Nível de Pressão Sonora) em passos de 5 dB, em 11 frequências localizadas em intervalos de um quarto por oitava. As análises mostraram que as emissões otoacústicas-produto de distorção estiveram presentes nos 44 ouvidos testados. As curvas de crescimento indicaram que as respostas das EOAPD em humanos apresentam faixa dinâmica de aproximadamente 40 dB. Os limiares do produto de distorção também estavam correlacionados entre as duas orelhas dos indivíduos, mas num grau menor do que a amplitude.

Muitos autores têm se ocupado em estudar a ocorrência e a efetividade das emissões otoacústicas evocadas transitórias, as quais apresentam utilização clínica importante. Os estudos acerca da análise das emissões otoacústicas-produto de distorção são, no entanto, mais atuais e vêm despertando grande interesse científico<sup>11</sup>.

Avan e col.<sup>1</sup>, no ano de 1992, realizaram um estudo com objetivo de definir os parâmetros mais interessantes utilizados na aplicação clínica das emissões otoacústicas-produto de distorção. Foram testados dois grupos de indivíduos. O primeiro compreendendo 25 indivíduos com audição normal. O segundo foi constituído de 50 indivíduos que apresentavam surdez de percepção endococlear. A idade dos indivíduos foi de 20 a 70 anos. As curvas de crescimento foram realizadas com intensidade variando de 70 a 40 dB NPS em passos de 10 dB. Os autores relataram que, quando a cóclea era estimulada por duas frequências primárias de 70 dB NPS, a incidência das EOAPD nas orelhas com audição normal foi de 100%, enquanto que com a estimulação de 40 dB NPS a incidência foi de 32 a 77%.

Kimberley e col.<sup>8</sup>, em 1994, registraram as curvas de crescimento das emissões otoacústicas-produto de distorção, os limiares de tom puro e os dados demográficos em 229 orelhas com audição normal e com deficiência auditiva. Foi mantida uma proporção F2/F1 constante de 1,22. As curvas de crescimento das EOAPD foram avaliadas para F2 em: 1025, 1464, 2050, 2880, 4052 e 5712 Hertz. A amplitude da EOAPD quando medida com F2 de nível moderado (50 dB NPS) e uma frequência correspondente

ao nível de tom puro apresentou os melhores prognósticos entre as 45 variáveis de EOAPD e demográficas avaliadas. Os autores verificaram que o nível das EOAPD está correlacionado à idade do indivíduo e acham que devido a isso a idade seja frequentemente incluída nas funções discriminadoras. Os resultados indicaram que as avaliações das EOAPD podem classificar com segurança os limiares de tom puro como normais ou deficientes com variadas condições auditivas cocleares.

Coube<sup>3</sup> registrou curvas de crescimento das EOAPD, nas frequências de 1000, 1500 e 3000 Hertz com estímulo de 45 a 70 dB NPS. Todos os indivíduos testados apresentaram EOAPD e a ocorrência diminuiu quando a intensidade do estímulo decresceu. O limiar das emissões variou, em média, de 46 a 50 dB NPS, conforme a frequência testada.

A proposta deste trabalho foi estudar as curvas de crescimento das EOAPD, em indivíduos normais, nas frequências de 1000, 2000, 4000 e 5000 Hertz, quanto aos aspectos: ocorrência e características das amplitudes, a fim de auxiliar sua análise na rotina clínica.

## MATERIAL E MÉTODO

Foram estudados 16 indivíduos (10 do sexo feminino e 6 do sexo masculino) com idade variando entre 18 e 26 anos.

Como critério de seleção, foi considerada ausência de patologia otológica, exame otoscópico normal, assim como avaliação tonal e impedanciométrica dentro dos padrões de normalidade.

**Tabela 1.** Ocorrência dos produtos de distorção nas curvas de crescimento (32 orelhas).

Frequência (kHz)	Estímulos (dB NPS) (%)					
	45	50	55	60	65	70
1	31,25	56,25	56,25	65,62	84,37	84,37
2	34,37	71,87	93,75	90,62	96,87	100
4	56,25	75	81,25	87,50	96,87	100
5	84,37	93,75	100	100	100	100

dB NPS: decibel nível de pressão sonora

**Tabela 2.** Limiares dos produtos de distorção nas curvas de crescimento (32 orelhas).

Orelhas	Frequências (kHz)	Limiar (dB NPS)			
		Mínimo		Máximo	
		Estímulo	Amplitude	Estímulo	Amplitude
32	1,0	50	-12,1	70	14,8
32	2,0	50	-10,4	70	15,1
32	4,0	45	-10,8	70	14,7
32	5,0	45	-12,7	70	15,1

Os indivíduos foram testados bilateralmente (32 orelhas), por meio de um audiômetro Midimate 622, Madsen Eletronics e um impedanciômetro Immittance System ZO-2020 (Madsen MP200). A seguir, efetuou-se o registro das emissões otoacústicas-produto de distorção através do equipamento ILO 92 DP and Transient OAE Analysis (Otodynamics Ltda), desenvolvido por David Kemp, pesquisador do Institute of Laryngology and Otology (ILO), da Universidade de Londres. O teste foi realizado em cabine acusticamente tratada.

Para as curvas de crescimento, foram avaliadas as frequências de 1000, 2000, 4000 e 5000 Hertz. A proporção utilizada para F2/F1 foi 1,22. O exame foi realizado em passos de 5 dB. A intensidade do estímulo sonoro variou de 45 a 70 dB NPS.

Para considerar a presença ou ausência das emissões otoacústicas-produto de distorção, foi utilizado o critério das respostas estarem 3 dB acima do segundo desvio-padrão do ruído de fundo, de acordo com o controle feito pelo próprio equipamento.

Cuidados foram tomados para obter-se adaptação ideal da sonda no meato acústico externo, evitando-se a produção de artefatos ou a contaminação por ruído.

**Tabela 3.** Amplitude média dos produtos de distorção e do ruído de fundo nas curvas de crescimento.

Frequências (kHz)	Estímulos (dB NPS)	Orelhas N	Amplitude (dB NPS)			
			DP		Ruído	
			Média	Desvio Padrão	Média	Desvio Padrão
1,0	45	32	-7,05	5,92	-5,96	3,19
	50	32	-4,73	7,63	-6,70	3,22
	55	32	-1,60	6,16	-5,77	3,57
	60	32	0,03	7,43	-5,07	3,26
	65	32	3,08	7,08	-6,24	3,83
	70	32	5,13	7,10	-5,90	4,11
	2,0	45	32	-10,91	7,64	-10,65
50		32	-5,75	6,19	-10,97	2,24
55		32	-1,55	5,60	-10,85	2,16
60		32	1,38	6,12	-10,72	2,15
65		32	5,60	5,47	-10,69	1,61
70		32	7,99	5,23	-10,42	2,85
4,0		45	32	-12,06	8,38	-13,95
	50	32	-5,76	6,53	-14,41	1,84
	55	32	-3,46	7,75	-13,25	2,00
	60	32	-0,09	7,64	-13,30	2,70
	65	32	5,00	4,61	-13,31	3,22
	70	32	6,76	3,73	-12,08	6,40
	5,0	45	32	-3,31	5,19	-15,77
50		32	-8,43	6,90	-14,89	5,75
55		32	-0,31	6,00	-15,95	1,72
60		32	3,12	5,98	-14,62	1,97
65		32	6,46	4,26	-14,78	1,69
70		32	6,95	4,64	-14,58	1,86

## RESULTADOS

Os dados obtidos neste estudo demonstraram a presença de EOAPD mensuráveis em 100% das 32 orelhas testadas.

A Tabela 1 e Figura 1 mostram a ocorrência de emissões otoacústicas, tendo como critério de resposta 3 dB acima do segundo desvio padrão do ruído de fundo. Quando a cóclea foi estimulada por duas frequências primárias de 70 dB NPS, a ocorrência das EOAPD foi de 84,37% na frequência de 1000 Hertz e de 100% nas frequências de 2000, 4000 e 5000 Hertz. Porém, quando o nível de estímulo foi de 45 dB NPS a ocorrência das EOAPD variou de 31,25 a 84,37%, de acordo com a frequência de teste. Na frequência de 5 kHz já houve ocorrência de 100% a partir do estímulo de 55 dB NPS.

Os limiares das EOAPD nas curvas de crescimento estão apresentadas na Tabela 2 para ambos os sexos e orelhas. Observa-se que o mínimo estímulo em que foi possível atingir o limiar foi 45 dB NPS nas frequências de 4000 e 5000 Hertz e 50 dB NPS nas frequências de 1000 e 2000 Hertz. Para todas as frequências testadas foi observado um limiar máximo de emissão de 70 dB NPS.

As amplitudes médias e desvio-padrão das EOAPD e do ruído de fundo, observadas nas curvas de crescimento, com diferentes estímulos de 45 a 70 dB NPS nas frequências de 1000, 2000, 4000 e 5000 Hertz, estão descritas na Tabela 3.

A inclinação da curva de crescimento foi maior na frequência de 2000 Hertz, pois as amplitudes médias das EOAPD foram menores nas frequências de 1000, 4000 e 5000 Hertz, principalmente quando o estímulo foi de 70 dB NPS (Tabela 3).

A Figura 2 mostra que as curvas de crescimento para as EOAPD apresentaram uma inclinação de aspecto linear, sem “plateau” nas frequências de 2000 e 4000 Hertz, que aumentou a partir da intensidade de 65 dB NPS. Já nas frequências de 1000 e 5000 Hertz a inclinação das curvas de crescimento aumentou a partir da intensidade de 50 dB NPS.

O ruído de fundo variou em média na frequência de 1000 Hertz de -6,07 a -5,07 dB NPS; na frequência de 2000 Hertz de -10,97 a -10,42 dB NPS; na frequência de 4000 Hertz de -14,41 a -12,08 dB NPS e na frequência de 5000 Hertz de -15,95 a -14,58 dB NPS.

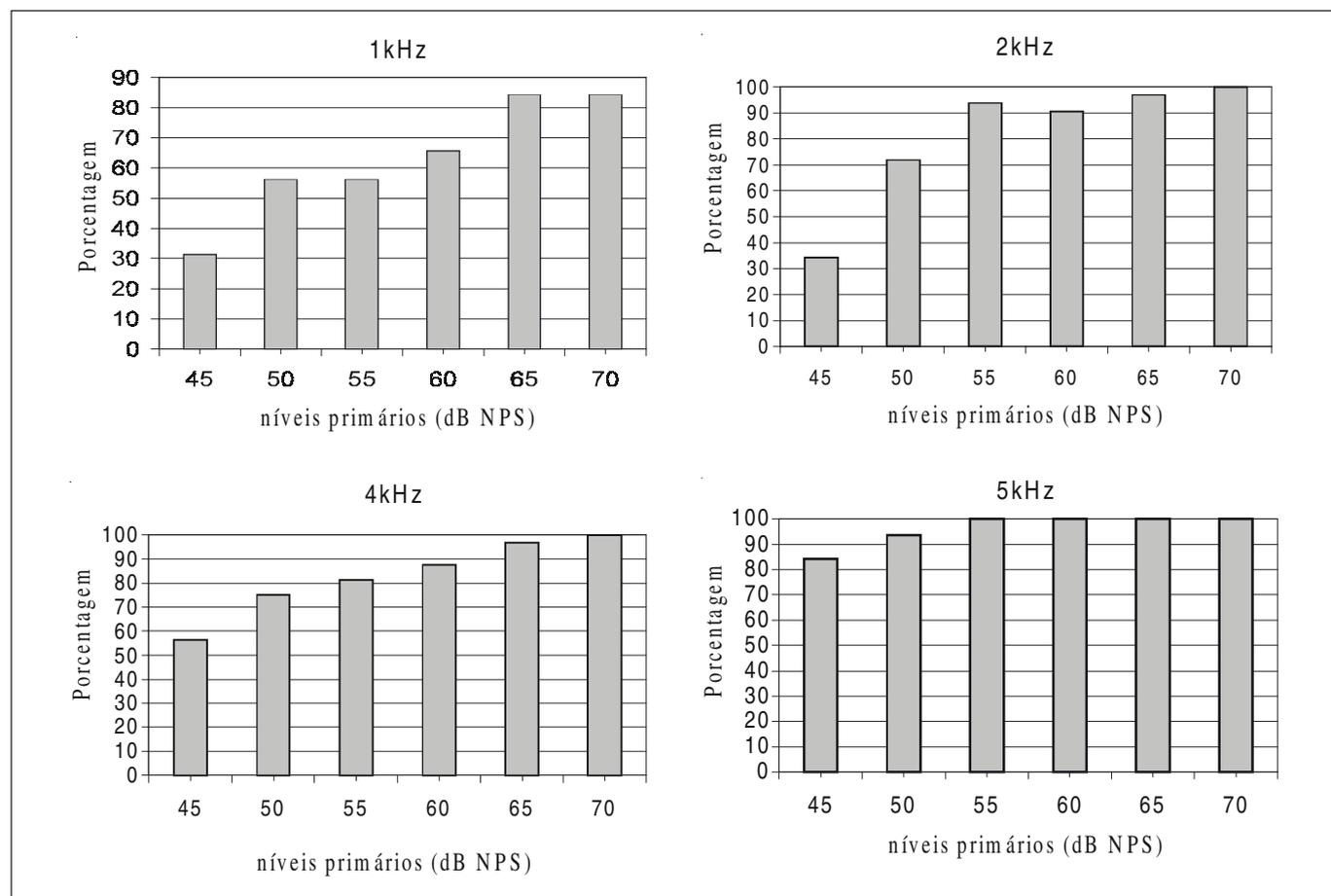


Figura 1. Ocorrência dos produtos de distorção nas curvas de crescimento (32 orelhas).

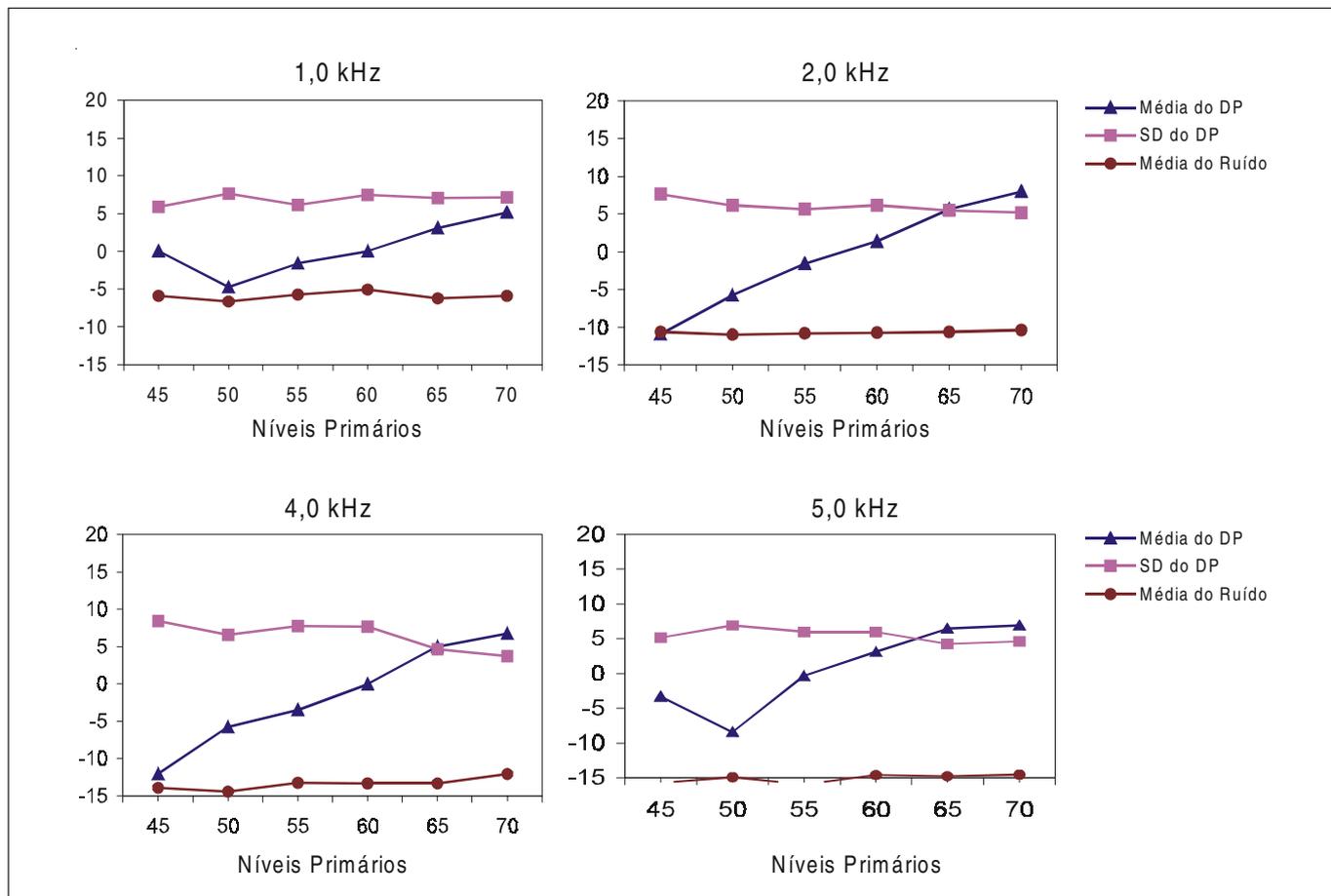


Figura 2. Curvas de crescimento dos produtos de distorção e do ruído de fundo.

## DISCUSSÃO

A identificação das emissões otoacústicas culminou com a tendência atual de incluir nas baterias de testes audiológicos mensurações dessas emissões, uma vez que, trata-se de um procedimento não invasivo, objetivo e rápido.

A resposta coclear evocada por 2 tons puros em 2 freqüências diferentes, relatada por Kemp<sup>6</sup>, despertou um grande interesse nos audiologistas. Isso porque as emissões otoacústicas-produto de distorção apresentam especificidade de freqüência e ampla faixa dinâmica, o que permite uma avaliação completa da função coclear.

As EOAPD estão presentes em indivíduos com audição normal, porquanto as células ciliadas do órgão de Corti, quando saudáveis, geram os produtos de distorção<sup>4</sup>.

Uma série de pesquisas estão sendo realizadas com as emissões, sob muitos aspectos, em descrições de condições experimentais adequadas, para observação dos produtos de distorção clínica no homem, como as de Kemp e col.<sup>7</sup>.

Na amostragem utilizada neste trabalho, em indivíduos com audição normal, as respostas das EOAPD estiveram presentes em todas as orelhas avaliadas (n=32), que apresentaram limiares auditivos tonais inferiores a 20 dB Na (nível de audição), fato já demonstrado e confirmado em muitas pesquisas como, por exemplo, de Robles e col.<sup>12</sup>, em chinchilas.

Nesta amostra, a ocorrência das EOAPD foi tornando-se maior com o aumento da intensidade do estímulo. Assim, na freqüência de 1000 Hertz a ocorrência foi de 31,25% com estímulo de 45 dB NPS e foi aumentando até ser de 84,34% em 70 dB NPS. Na freqüência de 2000 Hertz houve 34,37% de EOAPD no estímulo de 45 dB NPS e a ocorrência foi aumentando gradativamente, à medida que o estímulo ficou mais intenso, até ser de 100% em 70 dB NPS. Na freqüência de 4000 Hertz, com estímulo de 45 dB NPS, a ocorrência foi de 56,25% porém com estímulo de 70 dB NPS esta foi de 100%. Na freqüência de 5000 Hertz, com estímulo de 45 dB NPS, a ocorrência foi de 84,37%, sendo de 93,75% com estímulo de 50 dB NPS e chegando a 100% quando o nível das primárias foi de 55, 60, 65 e 70 dB NPS (Tabela 1 e Figura 1). Esses achados

são semelhantes aos descritos por Avan e col.<sup>1</sup> e Coube<sup>3</sup>. A maior ocorrência de emissões otoacústicas em frequências superiores a 1000 Hertz também foi relatado no estudo de Bonfils e col.<sup>2</sup>, na qual o autor justifica esse achado pelo fato de ocorrer maior contaminação do ruído de fundo nas baixas frequências.

Quanto ao limiar dos produtos de distorção (Tabela 2), o mínimo situou-se em 50 dB NPS para as frequências de 1000 e 2000 Hertz e 45 dB NPS para as frequências de 4000 e 5000 Hertz. O limiar máximo foi de 70 dB NPS para todas as frequências testadas.

O exame das curvas de crescimento revelou que as funções foram lineares sem apresentar “plateau” coincidindo com os achados de Roede e col.<sup>13</sup> e Coube<sup>3</sup>.

Os resultados referentes a limiares das EOAPD encontrados por outros pesquisadores<sup>9</sup> não foram coincidentes entre si, nem com os apresentados no presente trabalho. Isso confirma que não havendo a padronização da metodologia, não há possibilidades de estabelecer valores de explicação universal.

## CONCLUSÕES

Os resultados encontrados neste estudo permitiram concluir que nos indivíduos com audição normal:

- a ocorrência das EOAPD foi de 100% nas frequências de 2000, 4000 e 5000 Hertz com estímulo de 70dBNPS e ficou entre 31,25 e 84,37% nas frequências de 1000, 2000, 4000 e 5000 Hertz quando o estímulo foi de 45dBNPS;
- a inclinação das curvas de crescimento apresentaram aspecto linear, sem “plateau”, sendo esta inclinação aumentada nas frequências de 2000 e 4000 Hertz a partir da intensidade de 65dBNPS e nas frequências de 1000 e 5000 Hertz a partir de 50dBNPS;
- O limiar das EOAPD situou-se, em média, entre 45 a 70 dB NPS, conforme a frequência testada.

- A faixa da amplitude das EOAPD ficou em média em torno de 52 a 39 dB NPS na frequência de 1000 Hertz; 55 a 37 dB NPS na frequência de 2000 Hertz; 57 a 38 dB NPS na frequência de 4000 Hertz e 53 a 38 dB NPS na frequência de 5000 Hertz, abaixo do nível inicial das primárias (45 dB NPS).

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AVAN, P.; BONFILS, P.; PAOLI, C.; GALLAS, D.; CYMES, M.; NORES, J.; TROTOUX, J. – Les produits de distorsion acoustique analyse systématique des paramètres techniques: comment interpréter les résultats? *Ann. Otolaryngol. Chir. Cervicofac.*, 109:428-33, 1992.
2. BONFILS, P.; AVAN, P.; JOUFFRE, V.; FRANÇOIS, M.; TROTOUX, J.; NARCY, P. – Les produits de distorsion acoustique: intérêt clinique et limites dans l'exploration des basses fréquences. *Ann. Otolaryngol. Chir. Cervicofac.*, 108:425-31, 1991.
3. COUBE, C.Z.N. – *Emissões otoacústicas evocadas dos produtos de distorção em indivíduos com audição normal*. Bauru, 1997, 124 p. (Tese de Mestrado) – Pontifícia Universidade Católica de São Paulo.
4. ISAAC, M.L.; AQUINO, A.M.C.M. de. – Audiometria eletrofisiológica. In: SIH, T. *Otorrinolaringologia pediátrica*. Rio de Janeiro, Revinter. p. 214-6, 1998.
5. KATZ, J. – *Tratado de audiologia clínica*. São Paulo: Manole, 1999.
6. KEMP, D.T. – Evidence of mechanical nonlinearity and frequency selective wave amplification in the cochlea. *Arch. Oto-Rhinolaryngol.*, 224:37-45, 1979.
7. KEMP, D.T.; BRAY, P.; ALEXANDER, L.; BROWN, A.M. – Acoustic emission cochleography: practical aspects. *Scand. Audiol. Suppl.*, 25:71-95, 1986.
8. KIMBERLEY, B.P.; HERNADI, I.; LEE, A.M.; BROWN, D.K. – Predicting pure tone thresholds in normal and hearing-impaired ears with distortion product emission and age. *Ear Hear.*, 15:199-209, 1994.
9. LONSBURY-MARTIN, B.L.; MARTIN, G.K. – The clinical utility of distortion-product otoacoustic emissions. *Ear Hear.*, 11:144-54, 1990.
10. LOPES FILHO, O.; CARLOS, R.; REDONDO, M.C. – Produtos de distorção das emissões oto-acústicas. *Rev. Bras. Otorrinolaringol.*, 61:485-94, 1995.
11. PROBST, R.; LONSBURY-MARTIN, B.L.; MARTIN, G.K. – A review of otoacoustic emissions. *J. Acoust. Soc. Am.*, 89:2027-62, 1991.
12. ROBLES, L.; RUGGERO, M.A.; RICH, N.C. – Two-tone distortion in the basilar membrane of the cochlea. *Nature*, 349:413-4, 1991.
13. ROEDE, J.; HARRIS, F.P.; PROBST, R.; XU, L. – Repeatability of distortion product otoacoustic emission in normally hearing humans. *Audiology*, 32:273-81, 1993.