

## Comparison: real and simulated ear insertion gain

*Comparação: ganho de inserção obtido em orelha real e simulado*

Patrícia Danieli Campos<sup>1</sup>, Maria Fernanda Capoani Garcia Mondelli<sup>2</sup>, Debora Viviane Ferrari<sup>3</sup>

### Keywords:

hearing aids,  
hearing loss,  
simulation.

### Abstract

The development of hearing aid (HA) software programming does not replace the analysis of real ears with probe microphones. **Aim:** To compare simulated insertion gain in HA software programming and real ear insertion gain. **Method:** A prospective study of 62 patients (aged from 29 to 93 years; 30 male and 32 female). All patients presented unilateral (n=14) or bilateral (n=48) and mild to profound sensorineural hearing impairment. 110 ears assessed. Data was gathered from medical records and the insertion gain was obtained in real ears for comparison with the simulated insertion gain in HA software programming. Statistical tests were applied to analyze the correlation of data - difference of real ear and simulated insertion gain. **Results:** HA software programming simulated insertion gain was higher than real ear insertion gain obtained with probe microphone measures. There were statistically significant frequency differences. Age did not correlate with the difference of real ear and simulated measures. **Conclusion:** The use of real ear measures is important during verification of HA.

### Palavras-chave:

auxiliares de audição,  
perda auditiva,  
simulação.

### Resumo

Profissionais vêm utilizando as simulações dos softwares de programação de Aparelhos de Amplificação Sonora Individuais (AASI) em substituição à verificação do desempenho medido em ouvido real. **Objetivo:** Comparar o ganho de inserção simulado nos softwares de programação dos AASI com as medidas reais do ganho de inserção. **Material e Método:** Estudo retrospectivo com 62 pacientes (idade entre 29 e 93 anos; 30 homens e 32 mulheres) com deficiência auditiva neurossensorial unilateral (n=14) ou bilateral (n=48) de grau leve a profundo, totalizando 110 orelhas avaliadas. As simulações e medidas em ouvido real foram comparadas por meio do teste t pareado. Foi analisada a correlação entre a diferença do ganho real e o ganho simulado e a idade. **Resultados:** O ganho simulado no software de programação foi significativamente maior do que o ganho de inserção real. Não houve correlação entre a idade e a diferença entre estas medidas. **Conclusão:** Apesar da maior sofisticação dos softwares de programação do AASI, os dados de simulação não substituem a realização da verificação com as medidas com microfone sonda.

<sup>1</sup> Especialista em Audiologia Clínica e Educacional pelo Conselho Federal de Fonoaudiologia. Especialista em Laboratório da área de Aparelho de Amplificação Sonora do Departamento de Fonoaudiologia da Faculdade de Odontologia de Bauru, Universidade de São Paulo.

<sup>2</sup> Doutorado em Distúrbios da Comunicação pelo HRAC-USP. Professora Doutora do Curso de Fonoaudiologia da Faculdade de Odontologia de Bauru - Universidade de São Paulo.

<sup>3</sup> Doutora em Neurociência e Neuropsicologia pela Universidade de São Paulo. Professora Doutora do Curso de Fonoaudiologia da Faculdade de Odontologia de Bauru - Universidade de São Paulo.

Faculdade de Odontologia de Bauru - Universidade de São Paulo.

Endereço para correspondência: Maria Fernanda Capoani Garcia Mondelli - R. Ivane de Andrade Almeida, 1-55, Cond. Villaggio I. Bauru - SP. CEP: 17018-825.

Este artigo foi submetido no SGP (Sistema de Gestão de Publicações) da BJORL em 28 de maio 2010. cod. 7127

Artigo aceito em 23 de julho de 2010.

## INTRODUÇÃO

As medidas com microfona sonda consistem uma técnica objetiva e acurada para verificar se o desempenho do aparelho de amplificação sonora individual (AASI) na orelha do usuário se equipara a uma determinada curva, ou conjunto delas, de ganho ou saída por frequência prescrita, sendo consideradas como boa prática no procedimento de adaptação destes dispositivos<sup>1-7</sup>. Há referências de que cerca de 23%-40% dos profissionais utilizam tais medidas na rotina clínica<sup>8-10</sup>.

A utilização de AASI digitais parece vir acompanhada pela crescente confiança dos profissionais nos cálculos e simulações realizadas pelos *softwares* de programação dos fabricantes em detrimento da verificação empírica da adaptação<sup>11</sup>.

Tais *softwares* vêm se tornando mais sofisticados e, ao mesmo tempo, amigáveis, oferecendo ao clínico procedimentos interativos de programação, guias de ajuste fino eletrônicos e diferentes formas de visualização de como um determinado AASI está sendo programado, como as curvas do ganho ou saída simuladas<sup>1,12</sup>. Contudo, ainda que o *software* demonstre uma equiparação do AASI com a prescrição, estas simulações não representam fielmente o desempenho do dispositivo na orelha do usuário. Estudos demonstraram que as simulações dos *softwares* tendem a superestimar a amplificação fornecida em orelha real<sup>12-14</sup>.

O objetivo deste estudo foi comparar o ganho de inserção simulado nos *softwares* de programação dos aparelhos de amplificação sonora individuais com as medidas reais do ganho de inserção.

## MÉTODO

O estudo foi realizado após aprovação do Comitê de Ética e Pesquisa sob o protocolo n.º. 28/2009.

Trata-se de estudo retrospectivo, no qual os prontuários de pacientes atendidos no período de janeiro a julho de 2009 foram analisados, sendo incluídos para o estudo os que obedecessem aos seguintes critérios:

- Faixa etária: indivíduos adultos (idade superior a 18 anos)
- Não apresentar alterações de orelha externa e/ou média evidenciadas pelo exame otorrinolaringológico,
- Deficiência auditiva: do tipo sensorineural de graus variados,
- Usuário de AASI programável via *software* instalado no aplicativo NOAH 3.0,
- *Software* de programação com opção de simulação do ganho de inserção com os mesmos parâmetros utilizados para a avaliação da medida em ouvido real (estímulo com espectro de fala e nível de apresentação em 65 dB NPS),
- AASI avaliado sem algoritmo de redução de ruído habilitado.

Foram coletados os dados dos prontuários de 62 pacientes (30 do gênero masculino e 32 do gênero feminino), com idade entre 29 a 93 anos (média de 71 anos), portadores de perda auditiva neurossensorial unilateral (n=14) ou bilateral (n=48) de grau leve a profundo. No total, 110 orelhas foram avaliadas.

A Tabela 1 mostra o número de pacientes distribuídos por faixa etária de 10 em 10 anos.

**Tabela 1.** Distribuição da quantidade de pacientes por faixa etária.

Faixa etária	Número de pacientes
21 30	1
41 50	2
51 60	8
61 70	19
71 80	15
81 90	16
91 100	1

As medidas com microfona sonda foram realizadas em sala com tratamento acústico com tamanho suficiente para que o paciente ficasse sentado a um metro de distância do alto-falante, posicionado em 0° azimute. Para a obtenção das medidas realizadas *in situ*, o avaliador utilizou o método geométrico para o posicionamento do tubo sonda. Sendo assim, o tubo sonda foi alinhado na posição medial do molde e medido de forma a ficar 5,0mm além da ponta do molde auricular do paciente e a 5,0 a 6,0mm de distância da membrana timpânica. Foi utilizado um anel marcador, posicionado na incisura intertrágica, para identificar o comprimento do tubo sonda a ser inserido no conduto auditivo externo do paciente. O sinal utilizado para a obtenção das medidas foi do tipo *speech noise* na intensidade de 65 dB NPS. Os resultados foram analisados no equipamento Aurical (Madsen).

O banco de dados da plataforma NOAH 3.0 foi utilizado para a obtenção dos dados referentes ao ganho de inserção simulado no *software* de duas empresas fornecedoras de AASI que apresentavam os dados da simulação distribuídos em gráfico de ganho de inserção simulado por frequência gerados com estímulo do tipo *speech noise* a 65dB.

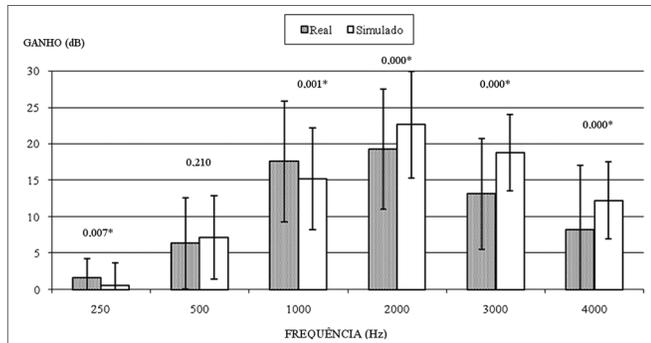
Os resultados da simulação do *software* e da medida em ouvido real nas interoitavas de 250 a 4000 Hz foram recuperados e anotados em protocolo específico.

A análise estatística foi realizada no *software* Pacote Estatístico (PACOTICO). Para a comparação do ganho de inserção real com o ganho de inserção simulado em cada frequência avaliada, foi aplicado o teste "t" pareado. O coeficiente de correlação de Pearson foi utilizado de forma a verificar a correlação entre idade e a diferença entre os valores obtidos em orelha real e valores simula-

dos no *software*. Em todos os casos, foi utilizado nível de significância ( $\alpha$ ) = 0,05.

## RESULTADOS

A Figura 1 mostra os valores do ganho real e o ganho simulado por frequência e a significância entre eles.



**Figura 1.** Comparação entre o ganho real obtido durante as medidas com microfone sonda e o ganho simulado no *software* de programação do AASI nas frequências de 250-4000Hz (n=110).

As correlações entre a diferença dos valores do ganho simulado e real e a idade, bem como a significância, encontram-se na Tabela 2.

**Tabela 2.** Correlação (Pearson) entre a idade dos participantes e a média da diferença existente nas diferentes frequências estudadas.

Frequência (Hz)	Correlação (r)	(p)
250Hz	-0,11	0,26
500Hz	-0,16	0,09
1000Hz	-0,06	0,55
2000Hz	-0,10	0,31
3000Hz	-0,16	0,10
4000Hz	-0,15	0,11

## DISCUSSÃO

A Figura 1 mostra que houve diferença significativa entre o ganho de inserção simulado e o ganho real em todas as frequências, com exceção de 500 Hz, sendo esta maior para as frequências altas.

As diferenças entre o ganho real e simulado foram observadas na literatura<sup>12</sup>. O estudo realizado com 12 pacientes demonstrou que entre as frequências de 250 a 1000 Hz as diferenças entre o ganho real e o simulado estavam distribuídas ao redor de 0dB com desvio padrão de  $\pm 5$ dB. No entanto, para as frequências mais altas, mais pacientes demonstraram diminuição substancial no ganho de inserção real em relação ao ganho simulado. Além disso, os valores negativos da diferença observados para a maioria dos pacientes avaliados indicam que o ganho

de inserção simulado superestimou o ganho de inserção obtido em orelha real. Estes dados estão de acordo com o que foi encontrado no presente estudo, que verificou que as maiores diferenças ocorreram na região de frequências de 2000 a 4000 Hz. Nas frequências de 250 e 1000 Hz, o ganho de inserção obtido em orelha real apresentou valores maiores do que o ganho de inserção simulado, não sendo encontrados relatos desta inversão de diferenças na literatura estudada.

Autores<sup>13</sup> ressaltam a posição de que as medidas em orelha real simuladas no *software* de programação dos AASIs foram pouco precisas, superestimando os valores obtidos individualmente. As medidas obtidas individualmente apresentaram valores menores em 0,5dB na frequência de 1000 Hz e acima de 4000 Hz. Nas frequências entre 1500 e 4000 Hz, os valores de ganho de inserção real estão mais próximos aos valores de ganho de inserção simulado. Os dados do presente estudo apresentaram diferença mesmo nas frequências entre 2000 e 4000 Hz e não foi possível avaliar as frequências acima de 4000 Hz por limitação na representação do gráfico apresentado no *softwares* das empresas fornecedoras de AASI.

Resultados demonstram que quando a opção de primeira adaptação ou regulagem rápida era escolhida no *software* de programação, 64% das adaptações não atingiram o ganho de inserção prescrito pela regra NAL-NL1 em uma ou mais frequências entre 250 e 4000Hz<sup>14</sup>.

As correlações entre a diferença do ganho simulado e ganho real com a idade foram fracas e não significativas (Tabela 2). Supõe-se que a ocorrência destes resultados seja devido à homogeneidade da população estudada, sendo que a maioria estava concentrada na faixa etária de 70 a 90 anos (Tabela 1).

Diante disso, comprova-se a importância do processo de verificação incluir medidas com microfone sonda realizadas de acordo com os protocolos vigentes, tornando a adaptação de AASI um procedimento mais objetivo e baseado em evidências científicas. Os *softwares* de programação são ferramentas imprescindíveis que viabilizam a interatividade com recursos tecnológicos e permitem que as regulagens sejam feitas de forma mais precisa. No entanto, é importante analisar o que cada gráfico de simulação representa e interpretá-los como um ponto inicial no processo de adaptação, considerando a realização de um pré-ajuste para posterior verificação.

O profissional deve conhecer como a empresa fornecedora do dispositivo gerou os valores de simulação para que estes possam ser usados em um primeiro momento.

## CONCLUSÃO

O estudo permitiu a verificação da diferença que ocorre entre os valores de simulação do ganho de inserção obtidos e os valores de ganho de inserção em orelha real.

---

Não foi encontrada correlação entre a idade dos pacientes analisados e a diferença entre os valores do ganho de inserção real e ganho de inserção simulado, porém, houve diferença entre o ganho real e o ganho simulado.

---

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

---

1. Dillon H, Keidser G. Is probe-mic measurement of HA gain-frequency response best practice? *The Hearing Journal* [serial on the internet]. 2003 [cited 2009 Nov 09]; 56(10):28-30. Available from: [http://www.audiologyonline.com/theHearingJournal/pdfs/HJ2003\\_10\\_pg28-30.pdf](http://www.audiologyonline.com/theHearingJournal/pdfs/HJ2003_10_pg28-30.pdf).
2. Valente M, Abrams H, Benson D, Chisolm T, Citron D, Hampton D, et al. Guidelines for the audiological management of adult hearing impairment. *Audiology Today* [serial on the internet]. 2006 [cited 2009 Dec 09];18(5). Available from: <http://www.audiology.org/resources/documentlibrary/Documents/haguidelines.pdf>.
3. American Academy of Audiology. Guidelines for the audiologic management of adult hearing impairment. United States: AAA, 2008.
4. Mueller GH. Probe-mic measurements: Hearing aid fitting's most neglected element. *Hearing Journal* [serial on the internet]. 2005[cited 2009 Dec 09]; 58(10):21-30. Available from: [http://www.audiologyonline.com/theHearingJournal/pdfs/HJ2005\\_10\\_pg21-30.pdf](http://www.audiologyonline.com/theHearingJournal/pdfs/HJ2005_10_pg21-30.pdf)
5. Yanz JL, Pisa JFD, Olson L. Integrated REM: real-ear measurement from a hearing aid. *Hearing Review*. [serial on the internet]. 2007 [cited 2009 dec 09]. Available from: [http://www.hearingreview.com/issues/articles/2007-05\\_04.asp](http://www.hearingreview.com/issues/articles/2007-05_04.asp).
6. Frye GJ. El examen del audífono digital. *Auditio: Revista electronica de audiología*. [serial on the internet]. 2002 [cited 2009 Nov 09]; 1(2):25-9. Available from: <http://www.auditio.com/revista/pdf/vol1/2/010203.pdf>.
7. Kuk FK. Considerations in modern multichannel nonlinear hearing aids. In: Valente M. *Hearing aids: standards, options, and limitations*. 2<sup>nd</sup>. New York: Thieme, 2002. p. 178-213.
8. Muller GH. Fitting hearing aids to adults using prescriptive methods: an evidence-based review of effectiveness. *J Am Acad Audiol* [serial on the internet]. 2005 [cited 2009 July 12]; 16(7):448-60. Available from: <http://docserver.ingentaconnect.com.w10077.dotlib.com.br/deliver/connect/aaa/10500545/v16n7/s5.pdf?expires=1247436740&id=51166152&titleid=72010016&accname=Universidade+de+Sao+Paulo+%28USP%29&checksum=D182D3EE89ADC71ED37D26E5C932C6BB>.
9. Kirkwood D. Survey: Dispensers fitted more hearing aids in 2005 at higher prices. *Hear J*. 2006;59(4):48.
10. Strom KE. The HR 2006 dispenser survey. *Hearing Review*. 2006;13(6):34
11. Fabry DA. Nonlinear Hearing Aids and Verification of Fitting Targets. *Trends Amplif*. 2003;7(3):99-115
12. Hawkins DB, Cook JA. Hearing aid software predictive gain values: How accurate are they? *The Hearing Journal* [serial on the internet]. 2003 [cited 2009 Nov 09]; 56(7):26-34. Available from: [http://www.audiologyonline.com/theHearingJournal/pdfs/HJ2003\\_07\\_pg26-34.pdf](http://www.audiologyonline.com/theHearingJournal/pdfs/HJ2003_07_pg26-34.pdf).
13. Aarts NL, Caffee CS. Manufacturer predicted and measured REAR values in adult hearing aid fitting: accuracy and clinical usefulness. *Int J Audiol*. 2005;44(5):293-301.
14. Aazh H, Moore BCJ. The value of routine real ear measurement of the gain of digital hearing aids. *J Am Acad Audiol* [serial on the internet]. 2007 [cited 2009 Dec 07]; 18(8):653-64. Available from: <http://docserver.ingentaconnect.com.w10077.dotlib.com.br/deliver/connect/aaa/10500545/v18n8/s3.pdf?expires=1260198091&id=53835920&titleid=72010016&accname=Universidade+de+Sao+Paulo+%28USP%29&checksum=25E4708B8CDE39B58EDDB34DD5BB3BE8>.