

Directivity and noise reduction in hearing aids: speech perception and benefit

Direcionalidade e redução de ruído em AASI: percepção de fala e benefício

Camila Angélica Quintino ¹, Maria Fernanda Capoani Garcia Mondelli ², Déborah Viviane Ferrari ³

Keywords:

hearing aid,
perception,
hearing loss.

Abstract

Hearing aid. **Aim:** To compare the performance, benefit and satisfaction of users of ITE, CIC and BTE digital hearing aid with noise reduction and omnidirectional and directional microphones. **Method:** 34 users of hearing aid were evaluated by means of speech perception in noise tests and APHAB and IOI self assessment questionnaires. Prospective study. **Results:** Better results were obtained by users of ITE, CIC and directional hearing aids, however, no statistical significance was found between the groups. **Conclusion:** Directivity improved speech perception in noise and benefit in daily life situations.

Palavras-chave:

auxiliares de audição,
percepção,
perda auditiva.

Resumo

Aparelho de Amplificação Sonora Individual (AASI). **Objetivo:** Comparar o desempenho, benefício e a satisfação de usuários de AASI intra-aural e retroauricular digital com algoritmo de redução de ruído e microfones omnidirecional e direcional. **Material e Método:** 34 usuários de AASI digital foram avaliados por meio do reconhecimento de sentenças no ruído e dos questionários APHAB e IOI. Estudo prospectivo. **Resultados:** Melhores resultados foram obtidos com AASI intra-aurais e AASI direcionais, no entanto, não houve diferença estatística significativa entre os grupos. **Conclusão:** A direcionalidade favoreceu o reconhecimento de fala no ruído e o benefício obtido em vida diária.

¹ Mestre pela Universidade de São Paulo, Gerente de produtos de empresa de Aparelhos de Amplificação Sonora Individual.

² Doutora em Distúrbios da Comunicação pelo Hospital de Reabilitação de Anomalias Craniofaciais HRAC/USP. Professora Doutora do Departamento de Fonoaudiologia da Faculdade de Odontologia de Bauru FOB/USP.

³ Doutora em Psicologia - Neurociências e Comportamento pela USP/SP. Professora Doutora do Departamento de Fonoaudiologia da Faculdade de Odontologia de Bauru/USP. Centro de Pesquisas Audiológicas (CPA) do Hospital de Reabilitação de Anomalias Craniofaciais (HRAC) - USP/Bauru e Faculdade de Odontologia de Bauru FOB/USP.

Endereço para correspondência: Alameda Octavio Pinheiro Brizola 9-75 Vila Universitária 17.018-901.

Este artigo foi submetido no SGP (Sistema de Gestão de Publicações) da BJORL em 25 de outubro de 2009. cod. 6736

Artigo aceito em 13 de novembro de 2009.

INTRODUÇÃO

Uma das maiores dificuldades do deficiente auditivo é a compreensão da fala, principalmente na presença de ruído competitivo¹⁻⁴. O potencial de mascaramento de fala pelo ruído competitivo é expresso pela relação sinal/ruído (S/R), que é a diferença entre a intensidade de um sinal (fala) e a intensidade de um som competitivo (ruído), apresentados simultaneamente. Quanto menor é esta relação, maior pode ser o prejuízo no entendimento de fala, tanto para ouvintes normais como para deficientes auditivos⁵.

Novos circuitos que incorporam algoritmos de redução de ruído e microfones direcionais vêm sendo introduzidos nos implantes cocleares⁶ e aparelhos de amplificação sonora individual (AASI) digitais com o intuito de melhorar o desempenho dos usuários⁷. Os algoritmos de redução de ruído têm como objetivos melhorar a inteligibilidade de fala, aumentar o conforto e reduzir o esforço auditivo do usuário de AASI quando na presença de situações onde a relação S/R é desfavorável^{8,9}.

A lógica subjacente a cada um destes algoritmos varia de acordo com o fabricante considerado. Na maioria dos aparelhos o processador digital realiza a análise estatística do sinal de entrada, em cada uma das bandas de frequência do AASI, para verificar qual sinal é predominante e atenuar o ganho nas bandas onde o ruído for dominante¹⁰.

Os estudos desenvolvidos com o intuito de avaliar os algoritmos de redução de ruído mostram resultados conflitantes. Alguns autores encontraram melhora na avaliação clínica do reconhecimento da fala na presença de ruído, quando da utilização de algoritmos de redução de ruído^{11-13,8} enquanto outros encontraram melhora apenas em questionários de autoavaliação¹⁴⁻¹⁶.

Outra maneira de melhorar a percepção de fala na presença de ruído é a utilização de microfones direcionais. Os microfones direcionais apresentam sensibilidade diferente de acordo com o ângulo de incidência da onda sonora. Estes microfones, geralmente, são mais sensíveis aos sons vindos da frente do usuário. Considerando que os sinais sonoros de maior interesse vêm de frente e os de menor interesse de trás, os microfones direcionais dos AASI têm um potencial significativo no que se refere à melhora da relação S/R^{2,17,18}. Foi realizado um estudo com 10 ouvintes normais para avaliar a efetividade do microfone direcional e redutor de ruído para futuras aplicações com deficientes auditivos, sendo confirmada a facilidade para compreensão da fala em situações de ruído sendo tais resultados utilizados como referência para aplicação dos algoritmos supracitados¹⁹.

Os designs de microfones direcionais mais comumente encontrados nos AASI são o convencional e o dual. Em um design convencional, um único microfone, com duas entradas para o som (anterior e posterior), é utilizado. Estas entradas levam a duas cavidades distintas e separadas

por um diafragma. Na cavidade posterior existe uma rede acústica que faz com que ocorra um atraso para uma onda sonora que entra por esta cavidade, até o diafragma. Este atraso garante que as ondas sonoras de ambas as entradas alcancem o diafragma ao mesmo tempo, fazendo com que este não se movimente, o que ocasiona o cancelamento da onda sonora que vem de trás²⁰.

Em um design dual, dois microfones omnidirecionais idênticos (anterior e posterior), ligados por uma rede elétrica, são utilizados. Neste caso, o usuário pode utilizar o AASI no modo direcional ou omnidirecional.

Pesquisadores^{1,16,20,21} observaram melhora do reconhecimento da fala no ruído quando microfones direcionais eram utilizados nos AASI em comparação com a utilização de somente algoritmos de redução de ruído.

Uma condição importante para que a direcionalidade seja obtida é a existência de espaço suficiente para que haja uma distância entre as diferentes aberturas do microfone, em um design convencional, ou entre os diferentes microfones, em um design dual. Tal fato, muitas vezes, pode impedir a utilização de microfones direcionais em casos onde o tamanho do AASI, isto é, o aspecto estético é o fator de maior importância a ser considerado. Estudos indicam^{22,23} que a estética é tão importante quanto o benefício acústico do AASI.

As miniaturizações dos componentes eletrônicos e das baterias possibilitaram a confecção de AASI intra-aurais, cujos componentes estão completamente inseridos na concha e/ou conduto auditivo externo do usuário. Além do benefício estético, uma das principais vantagens dos AASI intra-aurais, em particular os intra-canais e microcanais, é a utilização das características acústicas da orelha externa, gerando, entre outros fatores, maior ênfase na amplificação de alta frequência e a melhora significativa na direcionalidade²⁴⁻²⁷. Tais fatores podem favorecer o desempenho do usuário em ambientes ruidosos.

O objetivo do presente estudo foi comparar o desempenho da percepção de fala no ruído, o benefício e a satisfação obtida por adultos deficientes auditivos usuários de AASI digitais com algoritmo de redução de ruído, dos tipos retroauricular omnidirecional, retroauricular direcional, intra-canal omnidirecional e microcanal omnidirecional.

MATERIAL E MÉTODO

Este estudo foi realizado com a aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa, sob o protocolo nº 074/2007. Todos os participantes desta pesquisa consentiram a divulgação de seus resultados.

Casística

Participaram deste estudo 34 indivíduos, com idade variando entre 15 a 79 anos (média=52), com deficiência auditiva sensorineural bilateral de grau leve a severo (Tabela 1).

Tabela 1. Média e desvio padrão dos limiares auditivos obtidos por via aérea, na melhor orelha dos participantes do estudo (n=34).

	Frequência (Hz)											
	250		500		1000		2000		3000		4000	
	x	Dp	X	Dp	x	Dp	x	Dp	X	Dp	X	Dp
Micro canal	27	13	28,5	10	33	10	43	11	49	9	54,5	10
Intra canal	33	12	39,5	13	46,5	13	56	8	58,5	10	64,5	10
Retro Omini	31	18	38	17	53	10	61	9	65	7	65	14
Retro Dir	34	12	41	17	42	18	48	12	56	14	62	14

Todos os participantes eram usuários há pelo menos um mês de AASI digital, com adaptação monoaural (n=9) ou binaural (n=25). Os participantes com adaptação monoaural tinham deficiência auditiva simétrica (n=3) ou assimétrica (n=6). Neste último caso, o AASI estava adaptado na melhor orelha.

Quatro grupos foram avaliados: usuários de AASI microcanal que serão identificados como CIC (n=10, sendo 3 adaptações monoaurais); usuários de AASI intracanal que serão identificados como ITC (n=10, sendo 3 adaptações monoaurais); usuários de AASI retroauricular com microfone omnidirecional (n=9, sendo 2 adaptações monoaurais) e usuários de AASI retroauricular com microfone direcional (n=5, sendo 1 adaptação monoaural) que serão denominados retroauricular O e D respectivamente.

É válido ressaltar que, embora tenham sido utilizados modelos de AASI com ganho acústico diferente, tanto o grau da perda quanto a programação dos AASI foram, na medida do possível, controlados entre os participantes, para evitar influência destes fatores nos resultados.

Procedimentos

Programação do AASI:

Os AASI utilizados possuíam compressão de área dinâmica ampla de três canais, com limiar de compressão mínimo igual a 20 dB NA²⁸. Estes dispositivos também apresentavam um algoritmo de redução de ruído. Em linhas gerais, este algoritmo faz uma análise estatística do sinal de entrada para cada banco de filtros (LOW, MID e HIGH), decide se um dado sinal representa fala ou ruído e, de acordo com isto, os parâmetros de ganho para cada canal são modificados automaticamente¹¹. Além disto, o AASI apresenta um algoritmo para redução da microfonia, do tipo passivo.

Os modelos microcanal (CIC), intracanal (ITC) e retroauricular O possuíam microfone omnidirecional com padrão polar circular, enquanto que o modelo retroauricular D possuía microfone direcional com padrão cardioide. O microfone direcional dos AASI D tem uma relação ântero-posterior de aproximadamente 15 a 20 dB até 3000 Hz²⁰.

Todos os AASI foram programados de acordo com

o protocolo recomendado pelo fabricante, via software. Após a determinação dos limiares foi realizado o teste de feedback a fim de verificar a provável ocorrência de microfonia a partir da combinação do ganho necessário, determinado pelos limiares obtidos com as características do molde auricular selecionado. Durante o ajuste fino, os comentários do paciente foram considerados.

A verificação da resposta de frequência e saída máxima obtida em ouvido real foi realizada por meio da medida com microfone sonda, com o equipamento Unity System PC Probe Mic (Siemens), sendo utilizado o estímulo ICRA do tipo 2PB-1F1M-N, nas intensidades de 55, 65 e 85 dB NPS.

Avaliação da relação ântero-posterior

A medida da relação ântero-posterior avalia a sensibilidade do AASI com microfone direcional para sinais oriundos a 0º azimute comparado com o sinal advindo de 180º azimute²⁹. Esta medida foi realizada em ouvido real por meio do equipamento Unity System PC Probe Mic (Siemens). Foi obtida a resposta com AASI no ouvido externo (REAR), estando a caixa acústica posicionada em 180º e, posteriormente, em 0º azimute. A diferença entre estas duas medidas foi considerada como a relação ântero-posterior. Esta medida foi realizada para poder estimar a direcionalidade do AASI²⁷.

Avaliação da percepção da fala

A percepção da fala foi avaliada por meio do reconhecimento de sentenças apresentadas no ruído³⁰. A apresentação das sentenças junto com o ruído competitivo foi feita por meio de um CD player portátil (TEAC, modelo PD-P30) acoplado ao equipamento Unity System PC Audiometer (Siemens), em campo livre, em uma cabina acústica. Os indivíduos foram posicionados a 1 metro de distância das caixas acústicas, sendo estas posicionadas em 0º e 180º azimute. Para esse procedimento foi utilizada a estratégia proposta por Levitt e Rabiner³¹, denominada estratégia sequencial ou ascendente-descendente, que permite determinar o limiar de reconhecimento de fala, que é o nível necessário para o indivíduo identificar corretamente 50% das sentenças apresentadas, a partir de uma relação S/R igual a zero.

Inicialmente, tanto a fala (0º azimute) como o ruído (180º azimute) foram apresentados na intensidade de 64 dB A. O ruído foi mantido fixo e a fala foi variada em intervalos de 4 dB até a mudança no tipo de resposta, passando então para intervalos de 2 dB, até o final da lista.

Avaliação do benefício e satisfação com o AASI

Para avaliar o benefício obtido com a utilização dos AASI em diferentes situações de vida diária, foi utilizado o questionário Abbreviated Profile of Hearing Aid Benefit - APHAB³², o qual contém 24 itens, pontuados em quatro subescalas: comunicação em ambientes favoráveis (FC), comunicação em ambientes reverberantes (R), comunicação na presença de ruído de fundo (RF) e desconforto aos sons ambientais (D). A pontuação da porcentagem das dificuldades auditivas obtidas sem e com o uso do AASI e o benefício obtido com o uso do AASI foi realizada via software APHAB for Windows V1.0c (Copyright © 1997, The University of Memphis). O benefício refere-se à diferença da porcentagem de problemas obtidos sem AASI e com AASI.

A satisfação com o uso do AASI foi avaliada por meio do questionário Internacional Outcome Inventory for Hearing Aids - IOI-HA³³. Este questionário contém sete questões, cada uma abordando os aspectos de uso diário, benefício, limitação de atividades, satisfação, restrição de participações, impressão dos outros e qualidade de vida (Anexo 1). Cada questão dispõe de cinco alternativas de

resposta, sendo pontuadas de um a cinco (da esquerda para a direita). A pontuação máxima obtida neste questionário é igual a 35. Maiores escores correspondem à maior satisfação.

Método estatístico

Os resultados foram analisados estatisticamente por meio do teste de Kruskal Wallis e análise post hoc feita pelo teste de Dunn. Para todas as avaliações foi adotado nível de significância menor que 0,05.

RESULTADOS

O Gráfico 1 mostra os valores médios da relação ântero-posterior encontrada nas frequências de 250 a 4000Hz, para os diferentes grupos avaliados.

O teste de Kruskal Wallis mostrou diferença estatisticamente significativa apenas nas frequências de 3 kHz ($p=0,01$) e 4 kHz ($p=0,00007$). O teste de Dunn para comparações individuais evidenciou que na frequência de 3 kHz houve diferença estatisticamente significativa entre os grupos retroauricular O com microfone omnidirecional e retroauricular D com microfone direcional. Na frequência de 4 kHz, foi observado diferença estatisticamente significativa entre o grupo CIC com os grupos retroauricular O e D com microfone omnidirecional e direcional, respectivamente, e entre o grupo ITC com os grupos retroauricular O e D.

Anexo 1. Questionário Internacional: IOI-HA

1. Pense no tempo em que usou o(s) seu(s) aparelho(s) de amplificação sonora individual(is) nas últimas duas semanas. Durante quantas horas usou o(s) aparelho de amplificação sonora individual(is) num dia normal?
() não usou () menos que 1 hora por dia () entre 1 e 4 horas por dia () entre 4 e 8 horas por dia () mais que 8 horas por dia
2. Pense em que situação gostaria de ouvir melhor, antes de obter o(s) seu(s) aparelho(s) de amplificação sonora individual(is). Nas últimas duas semanas, como o(s) aparelho(s) de amplificação sonora individual(is) o/a ajudou (ou ajudaram) nessa mesma situação?
() não ajudou (não ajudaram) nada () ajudou (ajudaram) pouco () ajudou (ajudaram) moderadamente () ajudou (ajudaram) bastante () ajudou (ajudaram) muito
3. Pense novamente na mesma situação em que gostaria de ouvir melhor, antes de obter o(s) seu(s) aparelho(s) de amplificação sonora individual(is). Que grau de dificuldade AINDA encontra nessa mesma situação usando o(s) aparelho(s) de amplificação sonora individual(is)?
() muita dificuldade () bastante dificuldade () dificuldade moderada () pouca dificuldade () nenhuma dificuldade
4. Considerando tudo, acha que vale a pena usar o(s) aparelho(s) de amplificação sonora individual (is)?
() não vale a pena () vale pouco a pena () vale moderadamente a pena () vale bastante a pena () vale muito a pena
5. Pense nas últimas duas semanas, usando o(s) aparelho(s) de amplificação sonora individual(is)? Quanto os seus problemas de ouvir o/a afetaram nas suas atividades?
() afetaram muito () afetaram bastante () afetaram moderadamente () afetaram pouco () não afetaram
6. Pense nas últimas duas semanas, usando o(s) aparelho(s) amplificação sonora individual (is). Quanto os seus problemas de ouvir afetaram ou aborreceram outras pessoas?
() afetaram muito () afetaram bastante () afetaram moderadamente () afetaram pouco () não afetaram
7. Considerando tudo, como acha que o(s) seu(s) aparelho(s) de amplificação sonora individual(is) mudou (ou mudaram) a sua alegria de viver ou gozo na vida?
() para pior ou menos alegria de viver () não houve alteração () um pouco mais alegria de viver () bastante alegria de viver () muito mais alegria de viver

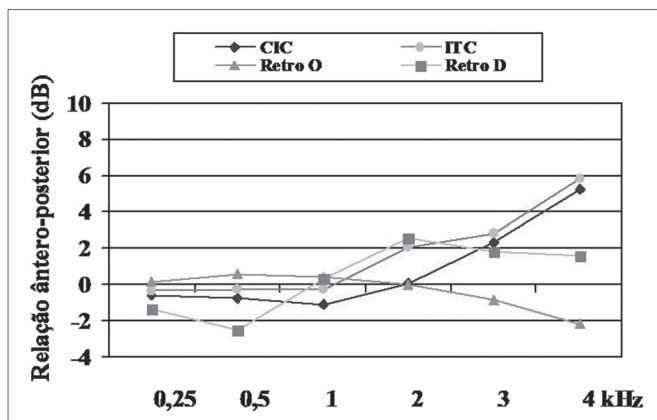


Gráfico 1. Valores médios da relação ântero-posterior, nas frequências de 250 a 4000Hz (n=34).

O Gráfico 2 mostra a média da relação S/R onde foi reconhecido 50% das sentenças, nos diferentes grupos estudados.

Os valores médios da relação S/R encontrados foram 0,95, 2,95, 7,54 e 2,79 dB para os grupos CIC, ITC, retroauricular omnidirecional e direcional respectivamente. O teste de Kruskal Wallis não mostrou diferença significativa entre os grupos (p=0,1068).

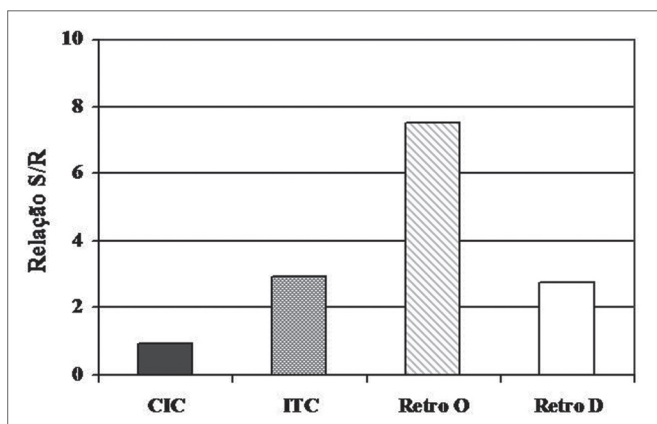


Gráfico 2. Valores médios da relação S/R onde foram reconhecidos 50% das sentenças para os diferentes grupos avaliados (n=34).

Tabela 2. Média da porcentagem de problemas obtidos sem o uso do AASI nas diferentes subescalas do questionário APHAB, para os diferentes grupos estudados (n=34).

Grupos	Condição de Avaliação							
	Sem AASI				Com AASI			
	FC	R	RF	D	FC	R	RF	D
CIC	48,47	54,98	59,37	39,34	39,49	35,73	38,84	49,63
ITC	69,83	64,31	55,81	41,6	41,8	37,01	32,94	56,2
Retro O	59,08	60,72	65,84	53,14	23,04	34,38	24,22	71,04
Retro D	65,18	62,26	63,15	37,82	35,68	24,46	22,24	70,42

Com relação aos resultados obtidos no questionário APHAB, a Tabela 2 mostra a média da porcentagem de problemas obtidos nas condições sem AASI e com o uso do AASI nas diferentes subescalas, para os diferentes grupos estudados. O teste de Kruskal Wallis não mostrou diferença significativa entre os grupos quanto à porcentagem de problemas obtidos, sem o uso da amplificação, nas escalas FC (p=0,1426), R (p=0,8192), RF (p=0,6345) e D (p=0,6254). No que se refere à porcentagem de problemas obtidos com o uso do AASI, também não houve diferença estatisticamente significativa entre os grupos, nas escalas FC (p=0,8997), R (p=0,4321), RF (p=0,1649) e D (p=0,1389).

O Gráfico 3 mostra os valores médios do benefício obtido com a utilização do AASI para os diferentes grupos. O teste de Kruskal Wallis não mostrou diferença estatística significativa entre os grupos estudados, nas escalas FC (p=0,35), R (p=0,2), RF (p=0,08) e D (p=0,2).

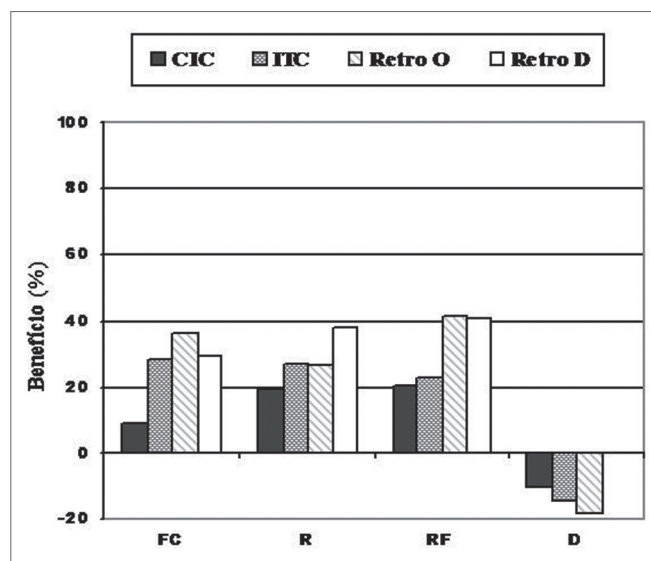


Gráfico 3. Valores médios do benefício obtido com o uso do AASI no questionário APHAB para os diferentes grupos estudados (n=34).

O Gráfico 4 mostra os valores médios da satisfação com o uso do AASI, obtidos no questionário IOI, para os diferentes grupos estudados. Os valores encontrados para os grupos CIC, ITC, Retro O e D, foram respectivamente: 26,2; 28,8; 27,4 e 29,5. O teste de Kruskal Wallis não evidenciou diferenças estatisticamente significantes entre os grupos estudados ($p=0,1923$).

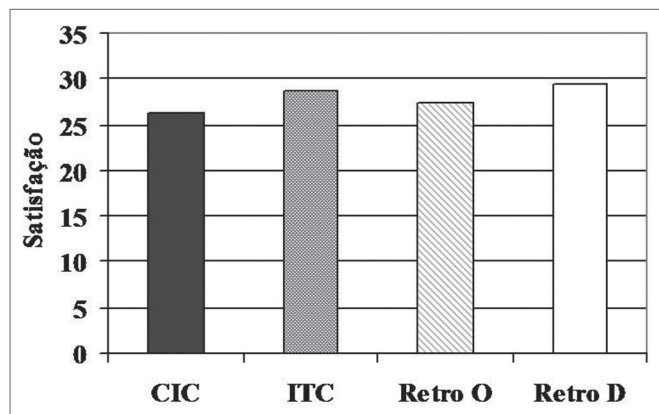


Gráfico 4. Valores médios da satisfação com o uso do AASI obtidos no questionário IOI, para os diferentes grupos estudados ($n=34$).

DISCUSSÃO

O Gráfico 1 mostrou que, nas frequências mais altas, valores significativamente maiores da relação ântero-posterior foram obtidos quando da utilização do microfone direcional ou do AASI omnidirecional do tipo intracanal ou microcanal. Estes resultados corroboram a literatura, demonstrando que o microfone direcional apresenta efetividade³⁴, permite sensibilidade para sons advindos da frente e que os AASI's intra-aurais podem dar maior amplificação para as frequências altas em função da posição endoaural do microfone bem como pelo efeito sombra fornecido pelo pavilhão auricular para os sons de alta frequência originários de trás^{24,25,35}.

Embora não tenha sido encontrada diferença estatisticamente significativa entre os grupos avaliados, verificou-se que, nas frequências de 250 e 500Hz o efeito do microfone direcional diminuiu. Tal resultado pode ter sido consequência do design do microfone direcional deste AASI, uma consequência da implementação de microfones convencionais é que a resposta de frequência total é, basicamente, inclinada em 6 dB/oitava. Isto significa que haverá menor sensibilidade na região de baixa frequência para este tipo de microfone em comparação aos microfones omnidirecionais. Wolf et al.²⁶ referem-se a esta característica do microfone direcional e alertam para a indicação do mesmo para indivíduos com perda significativa nesta faixa de frequência. Atualmente, alguns circuitos incorporam filtros adicionais que podem compensar esta alteração.

Pesquisadores³⁶ também relatam que as propriedades direcionais variam de acordo com a frequência. No caso das frequências baixas, estas propriedades podem ser afetadas em virtude do efeito de difração da cabeça.

Finalmente, outro fator que poderia estar influenciando a direcionalidade nas baixas frequências é a modificação acústica dos moldes auriculares. Se um molde apresenta ventilação, sons de baixa frequência e de intensidade suficientemente forte originários de trás, podem simplesmente passar pela ventilação sem atenuação e podem alcançar o nível de intensidade do sinal amplificado originário de frente, reduzindo significativamente a direcionalidade³⁷. Todos os usuários do AASI retroauricular com microfone direcional deste estudo possuem molde invisível simples com ventilação, com exceção de um participante que fazia uso de um molde canal.

Vale ressaltar, ainda, que a relação ântero-posterior obtida neste estudo para os AASI retroauricular D, nas diferentes frequências, é menor do que a relatada por outros autores^{14,20}. Isto pode ser explicado pelo fato de que estes autores descreveram a relação ântero-posterior medida no simulador de ouvido, com o AASI no modo de "teste" e com o ganho na posição de referência. Quando os AASI utilizados estão no modo de "teste" as funções automáticas são desativadas e os mesmos operam em modo linear. No presente estudo, as medições foram realizadas no ouvido do usuário e com o AASI nas regulagens utilizadas pelo mesmo. Devido a isto, estas medidas sofreram a influência da acústica dos moldes auriculares e, principalmente, do baixo limiar de compressão do AASI. Devido ao limiar de compressão, maior ganho será fornecido para os sinais que incidem no ângulo no qual a amplitude do sinal será reduzida pelo microfone direcional do que para os sinais que chegam de ângulos onde não há redução da amplitude, diminuindo, desta forma, a relação ântero-posterior.

Não houve diferença estatisticamente significativa entre os grupos quanto ao desempenho de reconhecimento da fala no ruído (Gráfico 2). Tal fato pode ter ocorrido em virtude do número da amostra, que pode ter sido insuficiente para analisar os efeitos dos diferentes aparelhos. Além disto, o tipo de ruído competitivo utilizado (estacionário) pode ter favorecido o desempenho com o uso do AASI retroauricular omnidirecional. Contudo, ainda assim pode ser verificada uma tendência de associação entre a direcionalidade dos diferentes AASI avaliados e os resultados obtidos no teste de reconhecimento de fala no ruído. Pode ser observado no Gráfico 2 que os usuários dos AASI retroauricular omnidirecional necessitaram de uma relação S/R maior que os demais grupos para reconhecerem 50% das sentenças apresentadas. Isto pode ser explicado pelo padrão polar do microfone omnidirecional deste AASI, que apresenta sensibilidade aos sons de todos os ângulos de incidência e, neste caso, o processamento do ruído (em 180º azimute) pode ter prejudicado o re-

conhecimento da fala (em 0º azimute). Estes resultados sugerem, ainda, que o algoritmo de redução do ruído do AASI, atuando isoladamente, pode não ser eficiente para melhorar a relação S/R para o usuário, sendo consistente com as observações de outros autores^{14-16,38,39}. Desta forma é importante que o usuário seja aconselhado em relação às reais expectativas frente a essa tecnologia⁴⁰.

Valores similares da média da relação S/R foram obtidos para os grupos CIC, ITC e retroauricular D, sendo que a menor média foi encontrada para o grupo de AASI CIC (0,95dB). A direcionalidade dada por meio eletrônico e pela posição endoaural do microfone, a partir das frequências médias, favoreceu o reconhecimento de fala na presença de ruído, já que a maior parte do espectro dos sons de fala localiza nesta região de frequência. Desta forma, justificam a melhora da relação S/R encontrada nos grupos CIC, ITC e retroauricular D. Estes resultados vão de encontro com a literatura que demonstra a melhora da relação S/R obtida com o uso do microfone direcional^{9,14,21,38,41}, ou pelo aproveitamento das características acústicas do ouvido externo^{24-27,42}.

No caso dos AASI retroauricular com microfone direcional o fato da relação S/R obtida ter sido maior que a do CIC provavelmente está atribuído aos efeitos da ventilação do molde auricular. Neste caso, acredita-se que o limiar de compressão baixo do AASI não tenha exercido influência nos resultados pelo fato de que ambos os sinais (fala e ruído) foram apresentados simultaneamente durante o teste. Estudos da direcionalidade eletroacústica demonstram⁴² que o limiar de compressão não exerce efeito sobre a relação ântero-posterior ou no índice de direcionalidade quando o sinal de interesse e o ruído competitivo são apresentados ao mesmo tempo.

Não é possível deixar de mencionar que embora tenham existido variações, como mostrado pelo desvio padrão, em média, os valores dos limiares auditivos do grupo CIC foram menores do que o dos outros grupos. Tal fato pode ter exercido influência nos resultados de percepção da fala. Além disto, as diferenças individuais nas habilidades auditivas entre os sujeitos avaliados podem ter desempenhado um papel importante.

Com relação à avaliação com o questionário APHAB não houve diferença estatisticamente significativa entre os grupos, nas diferentes subescalas avaliadas, tanto na condição sem AASI como na condição com AASI. Tal fato sugere que as dificuldades auditivas encontradas pelos usuários em situações do dia-a-dia foram semelhantes. Contudo, é possível observar que a porcentagem de dificuldades encontradas, na condição sem AASI, nas subescalas FC e R, foi menor para os usuários do AASI CIC.

Quanto ao benefício obtido (Gráfico 3), todos os grupos obtiveram benefício em nas quatro subescalas de comunicação investigadas (FC, R e RF), não havendo diferença estatisticamente significativa entre elas. Vale

ressaltar que a média do benefício com o uso do AASI CIC para situações de comunicação em ambientes favoráveis (FC) e reverberantes (R) foram as menores encontradas. Este resultado pode ser devido ao fato de que este grupo possuía menor porcentagem de dificuldades sem o uso da amplificação nestas subescalas, quando comparado aos outros grupos.

Em situações de comunicação em ambientes reverberantes, a maior média do benefício com o AASI foi encontrada para o grupo retroauricular D (37,78%). Em princípio, tal resultado não era esperado, já que é relatado por vários autores a piora do desempenho dada por microfones direcionais em ambientes reverberantes e que, dependendo da distância da fonte sonora, o desempenho destes microfones será bastante semelhante à dos microfones omnidirecionais. Isto ocorre porque a reverberação faz com que as fontes sonoras tenham uma localização difusa ao invés de se originarem de uma direção específica^{27,43}. No entanto, os resultados do presente estudo estão em concordância com Ricketts e Dharl, que encontraram uma melhora no reconhecimento da fala em ambientes reverberantes com a utilização dos AASI retroauricular direcional (D) em comparação com o omnidirecional (O).

Quanto ao benefício do AASI em situação de comunicação na presença de ruído de fundo, foram encontrados melhores resultados para os grupos retroauricular O (41,61%) e D (40,91%). Os resultados de benefício obtido com o AASI retroauricular D estão de acordo com os resultados do teste de percepção da fala e com a literatura que relata melhor desempenho na presença de ruído com AASI direcional^{17,20,27,44}. Com relação ao AASI retroauricular O, os resultados obtidos nesta subescala RF foram similares aos encontrados em outros estudos^{11,14}. Existe uma discrepância entre os resultados de avaliação da percepção da fala no ruído obtidos com os AASI ITC, CIC e retroauricular O e os resultados obtidos na avaliação subjetiva. Uma das hipóteses que poderiam ser levantadas é que na avaliação subjetiva é considerado também o efeito da leitura orofacial. É possível que o grupo de usuários do AASI retroauricular O tenham se beneficiado mais das pistas visuais do que os grupos ITC e CIC.

Foi observado, ainda, que não houve benefício na escala de desconforto aos sons ambientais, para os diferentes grupos. Este achado está em concordância com as normas encontradas para este questionário³² e pode ser explicado pelo aumento da audibilidade provocada pelo uso da amplificação. Faz-se necessário enfatizar que a avaliação realizada com microfone sonda mostrou que em nenhum caso a saída máxima do AASI estava acima do limite tolerável para os usuários.

No que se refere à avaliação da satisfação com o uso do AASI (Gráfico 4), não houve diferença estatisticamente significativa entre os grupos. Contudo, observa-se um discreto aumento da pontuação para o grupo do AASI retroau-

ricular D. Os resultados obtidos neste estudo equiparam-se aos encontrados nas normas do questionário IOI-HA³³ para aproximadamente 37% dos usuários avaliados.

Considerando os resultados para os diferentes aspectos abordados pelo questionário IOI, de particular importância é o fato de que na questão 4 (Anexo 1) a pontuação obtida por usuários de AASI retroauricular não foi menor do que a obtida por usuários de AASI intra-aurais. Isto pode ser indicativo de que, para os participantes deste estudo, a melhora do desempenho obtido com o uso da amplificação se sobrepôs às questões de estética.

CONCLUSÃO

Não houve diferença estatisticamente significativa na percepção da fala na presença de ruído competitivo entre os grupos de usuários de AASI digital com algoritmo de redução de ruído omnidirecional e direcional. No entanto, observou-se de que a direcionalidade, obtida por meios acústicos ou eletrônicos, favoreceu o reconhecimento da fala nesta situação.

Não houve diferença estatisticamente significativa entre os grupos de usuários de AASI digital com algoritmo de redução de ruído omnidirecional e direcional na avaliação subjetiva do benefício ou da satisfação com o uso da amplificação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Ricketts T, Dhar S. Comparison of performance across three directional hearing aids. *J Am Acad Audiol.* 1999;10(4):180-9.
2. Pumford JM, Seewald RC, Scollie SD, Jenstad LM. Speech recognition with in-the-ear and behind-the-ear dual-microphone hearing instruments. *J Am Acad Audiol.* 2000;11(1):23-35.
3. Bradlow AR, Kraus N, Hayes E. Speaking clearly for children with learning disabilities: sentence perception in noise. *J Speech Lang Hear Res.* 2003;46(1):80-97.
4. Souza PE, Boike KT, Withereil K, Tremblay K. Prediction of speech recognition from audibility in older listeners with hearing loss: effects of age, amplification, and background noise. *J Am Acad Audiol.* 2007;18(1):54-65.
5. Lurquim P, Rafhay S. Intelligibility in noise using multimicrophone hearing aids. *Acta Otorhinolaryngol.* 1996; 50(2):103-9.
6. Chung K, Zeng FG. Using hearing aid adaptive directional microphones to enhance cochlear implant performance. *Hear Res.* ; 2009;250(1-2):27-37.
7. Chung K. Challenges in recent developments in hearing aids, I: speech understanding in noise, microphone technologies and noise reduction algorithms. *Trends Amplif.* 2004;8:83-124.
8. Alcântara JI, Moore BCJ, Kühnel V, Launer S. Evaluation of the noise reduction system in a commercial digital hearing aid. *Int J Audiol.* 2003;42(1):34-42.
9. Bentler RA, Li-Kuei Chiou. Digital Noise Reduction: An Overview. *Trends Amplif.* 2006;10(2):67-82.
10. Sandlin RE. Processamento digital de sinais nas próteses auditivas. In: Almeida K, Iório MCM. *Próteses auditivas: fundamentos teóricos e aplicações clínicas.* São Paulo: Lovise. 2003, cap. 7, p.151-187.
11. Ferrari DV. Aparelhos de amplificação sonora individual digital: caracterização e utilização em adultos com deficiência auditiva neurossensorial. 1999. 219 f. Dissertação (Mestrado em Fonoaudiologia) - Pontifícia Universidade Católica, São Paulo.
12. Caetano MHU. Estudo comparativo do desempenho de aparelhos de amplificação sonora individual analógicos e digitais utilizando o teste SSI de avaliação do processamento auditivo central. *Arq Int Otorrinolaringol.* 2001;5(2).
13. Oliveira JRM. Desempenho dos deficientes auditivos utilizando aparelho de amplificação sonora individual com algoritmo de redução de ruído. 2002. 106 f. Dissertação (Mestrado em Distúrbios da Comunicação Humana) - Hospital de Reabilitação de Anomalias Craniofaciais, Universidade de São Paulo, São Paulo.
14. Valente M, Fabry DA, Potts LG, Sandlin RE. Comparing the performance of the Widex Senso digital hearing aid with analog hearing aids. *J Am Acad Audiol.* 1998;9(5):342-60.
15. Berninger E, Karlsson KK. Clinical study of Widex Senso on first-time hearing aid users. *Scand Audiol.* 1999;28(2):117-25.
16. Boymans M, Dreschler WA. Field trials using a digital hearing aid with active noise reduction and dual-microphone directionality. *Audiology.* 2000;39(5):260-8.
17. Fabry DA. Adaptive Directional Microphone Technology and Hearing Aids: Theoretical and Clinical Implications. *Hearing Review.* 2005. Site: <http://www.hearingreview.com/archives.asp>. Acesso realizado em 18/08/09
18. Blamey P, Fiket H, Steele B. Improving speech intelligibility in background noise with an adaptive directional microphone. *J Am Acad Audiol.* 2006;17(7):519-30.
19. Prosser S, Pulga M, Mancuso A, Picinali L. Speech perception with hearing aids: Effects of noise reduction and directional microphone systems on amplified signals. *Audiological Medicine.* 2009;7(2):106-11.
20. Valente M, Sweetow R, Potts LG, Bingea B. Digital versus analog signal processing: effect of directional microphone. *J Am Acad Audiol.* 1999;10(3): 133-50.
21. Braithe, N. Limiar de reconhecimento de sentenças no ruído: estudo comparativo da relação sinal/ruído de aparelhos de amplificação sonora individual com microfones direcionais e omnidirecionais. 2002. 113 f. Dissertação (Mestrado em Distúrbio da Comunicação) - Hospital de Reabilitação de Anomalias Craniofaciais, Universidade de São Paulo, Bauru.
22. Barros PFS, Queiroga BAM. As dificuldades encontradas no processo na adaptação de aparelho de amplificação sonora individual em indivíduos idosos. *Rev Cefac.* 2006;8(3):375-85.
23. Zandavalli MB, Christmann LS, Garcez VRC. Rotina de procedimentos utilizados na seleção e adaptação de aparelhos de amplificação sonora individual em centros auditivos na cidade de Porto Alegre, Brasil - RS. *Rev Cefac.* 2009;11(1):106-15.
24. Staab WJ. Introduction to deep canal principles. *Sem Hear.* 1996;17(1):3-19.
25. Mueller HG, Ebinger KA. CIC hearing aids: potential benefits and fitting strategies. *Sem Hear.* 1996;17(1):61-80.
26. Wolf RP, Hohn W, Martin R, Powers TA. Directional microphone hearing instruments: how and why they work. *Hear Solutions.* 1999;3(1):14-25.
27. Ricketts T, Mueller HG. Making sense of directional microphone hearing aids. *Am J Audiol.* 1999;8(2):117-27.
28. Lee LW, Lau C, Sullivan D. The advantage of a low compression threshold in directional microphones. *Hear Solutions.* 1998; 5(8):30-2.
29. Valente M. Use of technology to improve user performance in noise. In: Sandlin RE. *Textbook of hearing aid amplification: technical and clinical considerations.* California: Singular, 2000, cap.7, p.247-284.
30. Costa MJ. Desenvolvimento de listas de sentenças em português. 1997. 102 f. Tese (Doutorado em Ciências dos Distúrbios da Comunicação Humana: Campo Fonoaudiológico) - Escola Paulista de Medicina, São Paulo.
31. Levitt H, Rabiner LR. Use of a sequential strategy in intelligibility testing. *J Acoust Soc Am.* 1967;42(3):609-12.
32. Cox RM, Alexander GC. The abbreviated profile of hearing aid benefit. *Ear Hear.* 1995. Baltimore; 16(2):176-83.
33. Cox RM, Alexander GC. The international outcome inventory for hearing aids (IOI-HA): psychometric properties of the English version. *Int J Audiol.* 2002; 41(1): 30-5.

-
34. Bentler RA. Effectiveness of directional microphones and noise reduction schemes in hearing aids: a systematic review of the evidence. *J Amer Acad Audiol*. 2005;16: 473-84
 35. Killion MC. Myths about hearing in noise and directional microphones. *Hearing Review*. 2004;11(2).
 36. Madafari PL, Stanley WK. Microphone, receiver, and telecoil options: past, present and future. In: VALENTE, M. (ed). *Hearing aids: standards, options and limitations*. New York: Thieme; 1996. p.126-156.
 37. Ricketts T. Directivity quantification in hearing aids: fitting and measurement effects. *Ear Hear*.2000; 21(1):45-58.
 38. May A, Larsen CB, Warland A. Is digital enough for improved hearing in noise? Studies comparing digital and multi-microphone instruments. *Phonak Focus*. 1998;24:1-11,Special Series.
 39. Ricketts TA, Hornsby BWY. Sound Quality Measures for Speech in Noise through a Commercial Hearing Aid Implementing "Digital Noise Reduction". *J Am Acad Audiol*. 2005;16(5):270-7.
 40. Palmer CV, Bentler R, Mueller HG. Amplification with Digital Noise Reduction and the Perception of Annoying and Aversive. *TTrends Amplif*. 2006;10(2):95-104.
 41. Wouters J, Litiere L, Van Wieringen A. Speech intelligibility in noisy environments with one-and two-microphone hearing aids. *Audiology*. 1999;38(2):91-8.
 42. Ricketts T, Lindley G, Henry P. Impact of compression and hearing aid style on directional hearing aid benefit and performance. *Ear Hear*. 2001;22(4):348-64.
 43. Amlani AM. Efficacy of directional microphone hearing aids: a meta-analytic perspective. *J Am Acad Audiol*. 2001;12(4):202-14.
 44. Klemp EJ, Dhar S. Speech Perception in Noise Using Directional Microphones in Open-Canal Hearing Aids. *J Am Acad Audiol*. 2008;19(7):571-8.