



Valores de referência para o índice de Inteligibilidade de fala (SII) amplificado de acordo com a regra prescritiva DSLm[i/o]v5

Reference values for amplified speech Intelligibility index (SII) according to the DSLm[i/o]v5 prescription

Valores de referencia para el índice de inteligibilidad del habla (SII) amplificado según la regla prescriptiva DSLm[i/o]v5

*Renata de Souza Lima Figueiredo,
Beatriz de Castro Andrade Mendes
Tatiana Medeiros Deperon
Maria Carolina Versolatto-Cavanaugh
Beatriz Cavalcanti de Albuquerque Caiuby Novaes*

Resumo

Objetivo: construir curvas de referência para valores de SII amplificado com sinal de fala nas intensidades de 55 e 65 dB NPS, considerando as diferenças entre os alvos prescritos pela regra DSLm[i/o]v5 e as curvas de resposta obtidas na verificação da amplificação, em função de frequências obtidas na verificação dos AASI, como critério para uma amplificação adequada, observando as limitações da amplificação para os diferentes graus e configurações de perda auditiva. **Métodos:** foram selecionadas 41 crianças com idades entre três e 80 meses, totalizando 78 orelhas. Foram considerados limiares auditivos nas frequências de 250 a 4000 Hz e analisados valores de SII para os sinais de entrada 55 e 65 dB NPS, obtidos na verificação da amplificação no equipamento Verifit®Audioscan. **Resultados:** A partir das curvas de resposta obtidas na verificação da amplificação registraram-se valores de SII. Todos os aparelhos de amplificação foram ajustados o mais próximo do alvo possível. Limitações na amplificação foram observadas de acordo com grau e configuração da perda auditiva. Curvas de referência e equações para prever valores de SII amplificado nas intensidades de 55 e 65 dB NPS foram geradas. **Conclusão:** Curvas de referência para valores de SII amplificado foram construídas e equações foram geradas para prever e avaliar os valores de SII de acordo com as características audiológicas e podem ser incluídas nos protocolos de indicação da amplificação sonora e acompanhamento audiológico. As curvas de referência

*Pontifícia Universidade Católica de São Paulo – PUCSP – São Paulo-SP - Brasil

Contribuição dos autores: RSLF Elaboração do projeto de pesquisa (doutorado); estudo bibliográfico e metodológico, coleta e análise dos dados. Elaboração e revisão do texto final. BCAM Avaliação do projeto de pesquisa. Revisão do texto final. TMD Revisão do texto final incluído revisão da análise dos dados. MCVC Coleta dos dados. Revisão do texto final. BCACN Orientadora do projeto de pesquisa que deu origem a este artigo: estudo metodológico, análise dos dados. Elaboração e revisão do texto final.

E-mail para correspondência: Renata de Souza Lima Figueiredo - rsl.figueiredo@gmail.com

Recebido: 07/05/2016 Aprovado: 07/09/2016



e equações não substituem o processo de verificação dos aparelhos de amplificação.

Palavras-chave: Inteligibilidade da Sala; Auxiliares de Audição; Perda Auditiva

Abstract

Objective: build the reference curves for amplified SII values of speech signal in the intensities of 55 and 65 dB NPS, considering the differences between targets prescribed by DSLm[i/o] v5 and the curves obtained in the verification process, as a criterion for a proper amplification, noting the limitations of amplification for the different degrees of hearing loss configurations. Methods: 41 children aged between 3 and 80 months participated in the study, totalizing 78 ears. Auditory thresholds at 250, 500, 1000, 2000, 4000 Hz were considered and SII values for the input signals 55 and 65 dB NPS were obtained in the Verifit®Audioscan hearing aid analyzer. Results: All hearing aids were set as close to the target as possible. According to degree and configuration of the hearing loss limitations in amplification were observed. Reference curves and equations to predict amplified SII values for the intensities of 55 and 65 dBNPS were generated. Conclusion: reference curves for amplified SII values were built and equations were generated to predict SII values according to audiological characteristics and features can be included in protocols of indication of sound amplification and indicate the audiologic follow-up. Reference curves and equations do not override the verification process.

Keywords: Speech Intelligibility; Hearing Aids; Hearing Loss

Resumen

Objetivo: construir curvas de referencia para los valores de SII amplificado con señal de habla en las intensidades 55 y 65dB NPS, teniendo en cuenta las diferencias entre las metas prescritas por la regla DSLm[i/o]v5 y las curvas de respuesta obtenidas en la verificación de la amplificación, en función de frecuencias obtenidas en la verificación de los audífonos, como criterio para una amplificación adecuada, teniendo en cuenta las limitaciones de amplificación para los diferentes grados y configuraciones de pérdida auditiva. Métodos: se seleccionaron 41 niños entre 3 y 80 meses, en un total de 78 orejas. Se consideraron umbrales auditivos en las frecuencias de 250 - 4000Hz y se analizaron valores SII para los señales de entrada 55 y 65 dB NPS, obtenidos en la verificación de la amplificación en el equipo Verifit®Audioscan. Resultados: de las curvas de respuesta obtenidas en la verificación de la amplificación, se registraron los valores de SII. Se ajustaron todos los dispositivos de amplificación lo más cerca posible de la meta. Se observaron limitaciones de amplificación según el grado y la configuración de la pérdida auditiva. Se generaron curvas de referencia y ecuaciones para predecir valores de SII amplificado en las intensidades 55 y 65 dBNPS. Conclusión: se construyeron curvas de referencia para valores de SII amplificado, se generaron ecuaciones para predecir y evaluar los valores de SII según las características audiológicas y pueden ser incluidos en los protocolos de indicación de amplificación de sonido e acompañamiento audiológico. Ecuaciones y curvas de referencia no substituyen el proceso de verificación de dispositivos de amplificación.

Palabras clave: Inteligibilidad del Habla; Audífonos; Pérdida Auditiva

Introdução

Os parâmetros de amplificação adequada devem considerar audibilidade e inteligibilidade de fala sem desconforto e com qualidade sonora em todas as condições do ambiente¹. Nesse sentido, a etapa de verificação é de fundamental importância para conferir e ajustar características da amplificação em cada caso, após a programação dos aparelhos de amplificação sonora (AASI) por meio dos softwares dos fabricantes.

De acordo com alguns estudos^{2,3}, não verificar os aparelhos de acordo com regras prescritivas baseadas em evidência, é negligenciar a importância da audibilidade de todos os sons de fala com qualidade para os usuários de AASI, principalmente na população pediátrica em fase desenvolvimento de linguagem e que não é capaz de referir sobre a qualidade sonora.

A regra prescritiva DSL foi idealizada para atender as necessidades acústicas da população pediátrica, partindo do princípio de que os sons de fala são os mais importantes^{4,5}. A versão atual da regra é a DSLm[i/o]v5, disponível em softwares

proprietários de algumas marcas de aparelhos de amplificação e em alguns equipamentos de verificação de AASI.

Nesse sentido, avaliar a adequação da amplificação de acordo com regras prescritivas validadas, torna-se uma etapa indispensável do processo de seleção de AASI.

Índices que estimam a inteligibilidade de fala podem contribuir para a análise qualitativa na etapa da verificação. O cálculo do SII – Índice de inteligibilidade de fala – é disponibilizado em alguns equipamentos de verificação de ASSI automaticamente, a partir das curvas de respostas em função de frequências da amplificação verificadas para diferentes intensidades do sinal de entrada.

O SII tem alta correlação com a inteligibilidade de fala, pois determina a porção da fala que é audível e útil para o ouvinte⁶. Pode ser usado, também, como uma medida para avaliar a adequação da amplificação⁷ além de prever a interferência da distância para a audibilidade dos sons de fala em cada caso e, assim, orientar o clínico e a família quanto às estratégias terapêuticas que garantam o acesso de todos os sons de fala⁸.

Essa é uma das razões pela qual a equipe da Universidade Western Ontario desenvolveu um protocolo de acompanhamento pediátrico (UWO PedAMP)⁷ que inclui questionários sobre desenvolvimento de linguagem e dados sobre SII para avaliação da adequação da amplificação em cada caso. Sobre os dados da amplificação, o protocolo disponibiliza dados normativos dos valores de SII em relação à média dos limiares nas frequências de 500, 1000 e 2000 Hz. O protocolo foi utilizado nesses últimos cinco anos e os resultados sobre o desenvolvimento de linguagem e dados sobre a amplificação foram descritos pelo grupo mostrando mais uma vez a importância da adequação da amplificação e os cuidados com a audibilidade para o desenvolvimento de fala e linguagem adequado da criança⁹.

Nesse sentido, conhecer valores de referência para o índice de inteligibilidade de fala relacionado às características da perda auditiva, consideradas as limitações da amplificação inerentes aos diferentes graus e configurações das perdas auditivas, pode ser de grande valia na rotina da clínica fonoaudiológica.

Assim, o objetivo deste estudo foi construir curvas de referência para valores de SII amplificado com sinal de fala nas intensidades de 55 e 65 dB

NPS, considerando os alvos prescritos pela regra $DSLm[i/o]v5$ e as curvas de resposta, em função de frequências obtidas na verificação dos AASI, como critério para uma amplificação adequada, observando as limitações da amplificação para os diferentes graus e configurações de perda auditiva, a partir dos dados obtidos na verificação da amplificação em estudo proposto por Figueiredo et al.¹⁰.

Método

Local da pesquisa e preceitos éticos

Este estudo foi realizado no Centro Audição na Criança (CeAC), ligado à Divisão de Educação e Reabilitação dos Distúrbios da Comunicação da Pontifícia Universidade Católica de São Paulo – DERDIC/ PUC-SP, ao Programa de Estudos Pós-Graduados em Fonoaudiologia/ Linha de Pesquisa Audição na Criança, da Faculdade de Ciências Humanas e da Saúde da PUC-SP. Trata-se de um serviço de alta complexidade credenciado pelo Sistema Único de Saúde (SUS), que oferece atendimento a crianças com suspeita, ou já diagnosticadas, como deficientes auditivas abaixo dos três anos de idade.

Parte de um projeto de estudo mais abrangente sobre o processo de seleção de aparelhos de amplificação sonora para bebês nos primeiros anos de vida, este projeto seguiu os preceitos estabelecidos no código de ética para pesquisa com seres humanos, e foi aprovado pelo comitê de ética da PUC- SP, conforme protocolo de pesquisa nº 337/2010.

Sujeitos da pesquisa

Participaram do estudo 41 pacientes, com idades entre três e 80 meses, dos quais, seis (14,6%) com até 12 meses de idade, 11 (26,8%) entre 12 e 24 meses, 13 (31,7%) entre 24 e 38 meses e 11 (26,8%) entre 39 e 80 meses, todos com diagnóstico de deficiência auditiva sensorioneural de qualquer grau e configuração, que realizaram o processo de seleção de aparelho de amplificação sonora durante o ano de 2011, totalizando 78 orelhas para análise. Foram excluídas da análise duas orelhas de sujeitos usuários de implante coclear, duas orelhas de dois sujeitos com anacusia. Para todas as crianças foram indicados aparelhos de amplificação sonora não-lineares.

As orelhas analisadas foram classificadas conforme os grupos sugeridos por Figueiredo et al.¹⁰. A Figura 1 resume as características audiológicas de cada grupo.

Grupos	Características audiológicas
Gr1	Grau profundo/configurações horizontal
Gr2	Grau profundo/configurações descendentes leve
Gr3	Grau profundo/configurações descendentes acentuadas ou em rampa
Gr4	Grau severo e profundo até 90dB NA/ configurações horizontais e descendentes leve
Gr5	Grau moderado e severo até 66dB NA/ configurações horizontais e descendentes leve

Figura 1. Classificação das perdas auditivas por grupo segundo Figueiredo et al(2016)

Material

- Para verificação dos AASI:

Equipamento modelo Verifit da marca Audioscan (Verifit®Audioscan).

Trata-se de um analisador de aparelhos de amplificação sonora que verifica o desempenho eletroacústico dos AASI em acoplador 2cc e mensurações com microfone sonda.

Para as medidas de verificação em acoplador ou in situ, a partir das curvas de respostas dos AASI, em função das frequências obtidas com um sinal de entrada de fala, o equipamento calcula valores de SII em porcentagem, para uma entrada de 65 dB NPS sem amplificação, e, com amplificação, para diferentes entradas de estímulo de fala, nas intensidades de 40 a 75 dB NPS. O cálculo realizado pelo equipamento usa o método de 1/3 de oitava de frequências descrito pela ANSI S3.5-1997 sem considerar a banda de frequências de 160 Hz e sem ruídos mascarantes, ou seja, o equipamento calcula o SII para um ambiente ideal de escuta11.

Os valores de SII são representados em uma escala de zero a 100%, em que zero significa nenhuma audibilidade e 100, audibilidade para todos os sons de fala.

O estímulo usado para a verificação dos AASI em todas as medidas foi o Standard-speech (Speech-std 1) – Carrot passage.

- Para programação dos AASI:

Programa NOAH System 3.0 com softwares dos fabricantes de AASI e a interface de programação Hi-Pro USB.

Procedimentos

Determinação dos limiares auditivos para análise

Os limiares auditivos utilizados na programação (LP) dos aparelhos foram determinados a partir da avaliação audiológica, conforme o protocolo estabelecido pela equipe da instituição. Já os limiares utilizados na análise foram: 250, 500, 1000, 2000 e 4000 Hz. Quando a resposta para as frequências eram ausentes até o limite dos equipamentos,

*Transposição de frequências: transpor sons inaudíveis em frequências altas para uma zona frequencial baixa. Compressão de frequências: comprimir a largura de banda de frequências de saída do sinal em uma proporção específica em que haja audibilidade⁽¹⁵⁾

o valor considerado foi o registrado no software Noah® para programação dos AASI, que, em geral, utiliza os valores máximos do audiômetro AC-33 da Interacoustics, a saber: para a frequência 250 Hz, o máximo do equipamento é 105 dB; para 500 Hz, 110 dB; para 1000, 2000 e 4000 Hz, 120 dB. Para as orelhas em que a frequência 250 Hz não foi registrada, o limiar 250 Hz foi considerado igual à frequência 500 Hz.

Obtenção valores SII

A partir dos limiares estabelecidos no processo diagnóstico, foram selecionados e programados aparelhos de amplificação sonora, a partir da regra prescritiva DSLm[i/o]v5. Foram realizadas medidas RECD com os moldes auriculares. Quando isso não foi possível, utilizaram-se os valores preditos pelo equipamento Verifit®Audioscan.

Com limiares auditivos e RECD (medido ou predito), os AASI foram programados por meio do software das respectivas empresas dos aparelhos. Recursos como compressão ou transposição de frequências*, quando disponíveis para o modelo de AASI, foram desativados.

No equipamento, Verifit®Audioscan, foram realizadas medidas de verificação para sons de fala de 55, 65 e 75 dB NPS e para saída máxima MPO (90 dB NPS) no acoplador. Para a determinação dos valores semelhantes entre as características eletroacústicas de ganho e saída prescritas no software DSLm[i/o]v5 e os valores encontrados nos AASI, foi utilizada a diferença de 3 dB positivos ou negativos. Estudo12 referiu que ultrapassar esses valores pode significar super ou subamplificação.

Neste estudo foram analisados os valores de SII para estímulo de fala de 55 e 65 dB NPS.

No processo de verificação dos AASI foram obtidos os valores de SII para cada orelha estudada, totalizando 156 valores de SII.

Análise de dados

Análise das diferenças entre alvo e a curva de resposta em função de frequências obtida na programação dos AASI

Foram analisadas as diferenças entre o alvo determinado pela regra prescritiva DSLm[i/o]v5 e as curvas de resposta em função de frequências obtida na verificação dos AASI nas cinco frequências estudadas (250, 500, 1000, 2000 e 4000 Hz) e calculadas as porcentagens de orelhas com diferença maior que 3 dB, em módulo, em cada frequência e grupo.

Resultados

Construção de curvas de referência para valores de SII 55 e 65 dB NPS

Para descrever a relação entre SII 65 e a média dos limiares nas frequências 500, 1000 e 2000 Hz e entre SII 55 e a média nas frequências 500, 1000 e 2000 Hz foram ajustados modelos de regressão. A partir dos resultados obtidos no ajuste dos modelos citados foram construídas curvas de referência para SII 65 e SII 55¹³.

Análise das diferenças entre alvo e a curva de resposta em função de frequências obtida na programação dos AASI

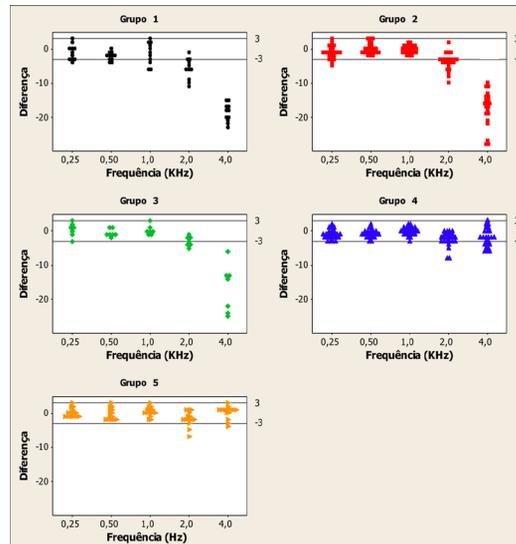
É na etapa de verificação dos AASI que se avalia se as características eletroacústicas dos aparelhos de amplificação estão de acordo com as metas

prescritas pelo método selecionado (DSLm[i/o]v5) para o ajuste dos aparelhos de cada paciente.

A partir das curvas de resposta de frequências dos AASI obtidas no processo de verificação, para os diferentes níveis de estímulos de teste, foi possível obter os valores do SII e avaliar a adequação dos AASI aos alvos calculados pela regra prescritiva. Todos os AASI (78) foram ajustados o mais próximo possível do alvo prescrito pela regra, para os três níveis de estímulo mensurados e a saída máxima (MPO).

Na Figura 2 estão representadas as diferenças entre os alvos desejados, de acordo com DSLm[i/o]v5, e os valores obtidos na verificação dos AASI, por frequência e por grupo para os níveis de 65 dB NPS. Foram acrescentadas linhas horizontais representando os limites de 3 dB positivo e negativo, como sugerido por Scollie¹².

Figura 2. Diferenças entre o alvo desejável e o obtido na verificação dos AASI por frequência e por grupo para intensidade de 65 dB NPS



É possível observar que, na frequência 4000 Hz, todas as orelhas dos Gr1, Gr2 e Gr3 têm diferença menor (mais negativa) que -3 (ou ainda, o módulo da diferença é maior que 3), sugerindo limitação da amplificação inerente às características audiológicas para as frequências mais altas.

Na Tabela 1 estão as porcentagens de orelhas com valor absoluto da diferença maior que 3, em cada grupo e frequência para o nível de apresentação de 65 dB NPS.

Tabela 1. Porcentagens de orelhas com valores absolutos da diferença maior que 3 por grupo e frequência para intensidade de 65 dB NPS (N=78)

Grupo	Frequência (kHz)				
	0,25	0,5	1	2	4
Gr1	9	18,2	27,3	72,7	100
Gr2	9,1	0	0	50	95,5
Gr3	0	0	0	21,4	50
Gr4	0	0	0	16,7	33,3
Gr5	0	0	0	28,6	7,1
Total	3,8	2,6	3,8	35,9	62,8

Nota-se que, de forma geral, as maiores porcentagens de diferenças maiores que 3, em valor absoluto, ocorreram nas frequências 2000 e 4000 Hz. Essas porcentagens são menores nos Gr4 e Gr5, grupos compostos, em maioria, por perdas auditivas de grau severo e moderado, os quais possuem área dinâmica da audição possível de adequar à curva de resposta do AASI para a intensidade do sinal de entrada de 65 dB NPS. Porém, observa-se ainda um déficit nas frequências mais altas (2000 e 4000 Hz),

nas quais não é possível alcançar o alvo desejado pela regra em algumas orelhas nessas frequências.

Na Figura 3 estão representadas as diferenças entre o alvo desejável, de acordo com DSLm[i/o] v5, e o alvo obtido na verificação dos AASI, por frequência e por grupo, para os níveis de apresentação de 55 dB NPS. Foram acrescentadas linhas horizontais representando os limites de 3 dB positivo e negativo, conforme sugerido por Scollie¹².

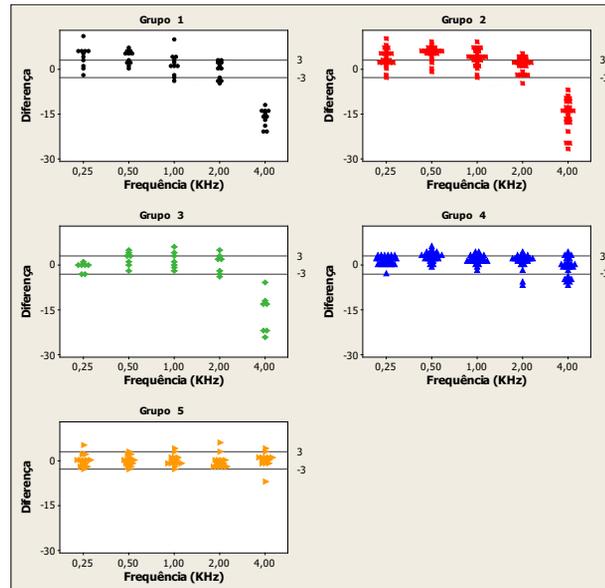


Figura 3. Diferenças entre o alvo desejável e o obtido na verificação dos AASI por frequência e por grupo para intensidade 55 dB NPS

Observa-se que, também para o nível de apresentação de 55 dB NPS, na frequência 4000 Hz, todos os indivíduos dos Gr1, Gr2 e Gr3 têm diferença menor (mais negativa) que -3 (ou ainda, o módulo da diferença é maior que três). Observa-se ainda que, de forma geral, para as orelhas dos Gr1, Gr2 e Gr3, nas frequências de 250, 500 e 1000 Hz a diferença foi maior (mais positiva) que 3 dB, sugerindo que nas perdas auditivas de pior grau, com campo dinâmico reduzido, as curvas de resposta em função das frequências para sinal de entrada mais fraco (55 dB NPS) ultrapassam os

valores prescritos, pois é necessário o aumento do ganho para os níveis de entrada mais fortes (65 dB e 75 dB NPS) e, na maioria dos casos, os valores prescritos para sons de fraca intensidade estão próximos dos limiares auditivos ou abaixo, fora do campo dinâmico da audição.

Na Tabela 2 são encontradas as porcentagens de orelhas com valor absoluto da diferença maior que 3 (positivo ou negativo), em cada grupo, e frequência para o nível de apresentação do sinal em 55 dB NPS.

Tabela 2. Porcentagens de orelhas com valores absolutos da diferença maior que 3 por grupo e frequência para intensidade 55 dB NPS (N=78)

Grupo	Frequência (kHz)				
	0,25	0,5	1	2	4
Gr1	63,6	54,5	36,4	27,3	100
Gr2	45,5	81,8	59,1	22,7	100
Gr3	0	14,3	14,3	14,3	100
Gr4	0	25	8,3	12,5	33,3
Gr5	14,3	0	14,3	14,3	14,2
Total	23	41	28,2	17,9	64,1

Nota-se que, no total, as porcentagens de diferença maior que 3, em valor absoluto, foram maiores que as diferenças obtidas na análise de 65 dB NPS, exceto para frequência de 2000 Hz (17,9%).

De forma geral, os Gr1, Gr2 e G3 apresentaram maiores porcentagens de diferença maior que 3 em relação aos Gr4 e Gr5.

Construção de curvas de referência para SII 55 e SII 65

A partir das análises realizadas com os aparelhos de amplificação ajustados o mais próximo possível dos valores prescritos pela regra DSLm[i/o]v5, foram construídas curvas de referência para valores de SII amplificado 65 e 55 dB NPS, com o objetivo de disponibilizar uma ferramenta que

auxilie o clínico a avaliar a adequação da amplificação de acordo com as características da perda auditiva a partir dos valores de SII.

Para a construção das curvas de referência para os valores de SII 55 e SII 65 foi utilizada a média das frequências 500,1000 e 2000 Hz.

A escolha dessas frequências para a construção das curvas de referência dos valores de SII amplificado para os níveis de apresentação em 65 e 55 dB NPS, deve-se ao fato de que, em muitos casos, não temos disponível no início do processo de indicação dos AASI os limiares auditivos em todas as frequências

Os diagramas de dispersão do SII 55 e SII 65 e a média dos limiares nas frequências 500, 1000 e 2000 Hz são encontrados na Figura 4.

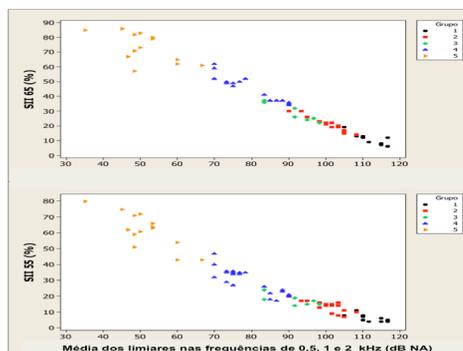


Tabela 4. Diagramas de dispersão do SII 65 (superior) e SII 55 (inferior) e a média dos limiares auditivos nas frequências 500, 1000 e 2000 Hz

A relação entre o SII 55 e a média do limiar nas frequências 500, 1000 e 2000 Hz pode ser ajustada pela equação abaixo: $SII\ 55\ ajustado = 147,8 - 2,06 \times \text{média do limiar} + 0,007 \text{ média do limiar}^2$. Os resultados obtidos no ajuste do modelo estão resumidos na Tabela 3.

Tabela 3. Resumo dos resultados obtidos no ajuste do modelo de regressão com SII 55 como variável resposta e a média dos limiares nas frequências 500, 1000 e 2000 Hz como variável explicativa

Variável	Coefficiente	Erro padrão	p	R ²
Constante	147,8	6,54	<0,001	0,96
Média	-2,06	0,17	<0,001	
Média ²	0,007	0,001	<0,001	

Curvas de referência de 95% para o SII 55 em função da média dos limiares em 500, 1000 e 2000 Hz estão representadas na Figura 5. O limite superior e o inferior para SII 55 para um determinado valor da média do limiar são dados por: Limite superior = $147,8 - 2,06 \times \text{média do limiar} + 0,007 \text{ média do limiar}^2 + 1,96 \times$ Limite inferior = $147,8 - 2,06 \times \text{média do limiar} + 0,007 \text{ média do limiar}^2 + 1,96 \times$, onde 16 é o quadrado médio do resíduo obtido no ajuste do modelo de regressão.

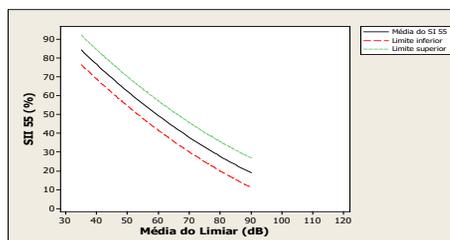


Figura 5. Curvas de referência de 95% para o SII 55 em função da média dos limiares nas frequências 500, 1000 e 2000 Hz

A relação entre o SII 65 e a média do limiar nas frequências 500, 1000 e 2000 Hz pode ser ajustada pela equação abaixo:

SII 65 ajustado = $131,3 - 1,09 \times$ média do limiar.

Os resultados obtidos no ajuste do modelo estão resumidos na Tabela 4.

Tabela 4. Resumo dos resultados obtidos no ajuste do modelo de regressão com sii 65 como variável resposta e a média dos limiares nas frequências 500, 1000 e 2000 Hz como variável explicativa.

Variável	Coefficiente	Erro padrão	p	R ²
Constante	131,30	1,63	<0,001	0,98
Média 500,1 e 2	-1,09	0,02	<0,001	

Curvas de referência de 95% para o SII 65 em função da média dos limiares em 500, 1000 e 2000 Hz estão representadas na Figura 6. O limite superior e o inferior para SII 65 para um determinado valor da média do limiar são dados por:

$$\text{Limite superior} = 131,3 - 1,09 \times \text{média do limiar} + 1,96 *$$

$$\text{Limite inferior} = 131,3 - 1,09 \times \text{média do limiar} - 1,96 *$$

O valor 10 nas expressões acima corresponde ao valor do quadrado médio do resíduo obtido no ajuste do modelo de regressão.

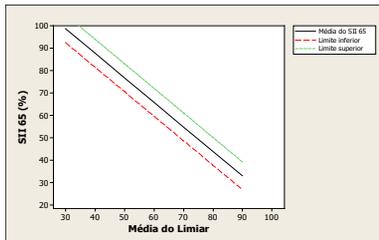


Tabela 3. Curvas de referência de 95% para o SII 65 em função da média dos limiares na frequências 500, 1000 e 2000 Hz

Discussão

Neste estudo, a partir do procedimento de verificação, foi possível adequar as curvas de repostas de frequências dos AASI para diferentes níveis de apresentação de sinal de entrada, para cada orelha, de acordo com a regra prescritiva $DSL_{m[i/o]v5}$. Os valores de SII foram obtidos de uma programação com as curvas de resposta de frequências dos AASI o mais próximas possível do alvo.

Quando se observa a relação alvo-saída para regra $DSL_{m[i/o]v5}$, nota-se que, nos grupos com maiores perdas auditivas, as diferenças entre alvo e saída são maiores. Isso se deve às limitações dos aparelhos de amplificação sonora inerentes às

perdas auditivas com campo dinâmico reduzido. Observa-se, também, que a frequência 4000 Hz é a que mais apresenta diferença entre alvo e saída, exceto no Gr5, no qual encontramos limiares de até 85 dB NA e uma orelha em 95 dB NA.

A análise das diferenças entre alvo e saída do AASI mostrou as limitações da amplificação em determinadas frequências e para determinados graus e configurações de perda auditiva.

Pôde-se observar que nos Gr1 e Gr2 para o nível de apresentação do sinal de entrada de 65 dB NPS, todas as frequências apresentaram diferenças entre o alvo prescrito e a resposta do AASI, principalmente nas frequências 2000 e 4000 Hz, em que as diferenças foram maiores e negativas.

Para o nível de apresentação do sinal de entrada de 55 dB NPS, as porcentagens de orelhas com valores absolutos da diferença maior que 3 foram maiores, comparando aos resultados com o sinal de entrada 65 dB NPS.

Para as frequências até 1000 Hz obtiveram-se diferenças positivas maiores que 3 dB entre o alvo e a curva de resposta em função de frequências do AASI, pois, para adequar a curva de resposta do AASI aos alvos prescritos para o sinal de entrada de 65 dB NPS, é necessário ajustar o ganho no máximo da potência do AASI. Conseqüentemente, os sons de fraca intensidade ultrapassam os valores prescritos que, em geral, estão fora da área dinâmica da audição, gerando as diferenças observadas.

Nos Gr1 e Gr2, a programação do aparelho de amplificação parece ser efetiva somente para acesso aos sons de forte intensidade. Os AASI não proporcionam audibilidade para sons de fraca intensidade.

Nos Gr3, Gr4 e Gr5, foram observadas diferenças entre alvo prescrito e o valor obtido na verificação do AASI, nas frequências 2000 e 4000 Hz para a intensidade 65 dB NPS.

No Gr3, as porcentagens dos valores absolutos foram maiores. Nos Gr4 e Gr5, as porcentagens dos valores das diferenças foram menores, indicando que existem limitações da amplificação nas frequências mais altas, mesmo para perdas auditivas com menores médias de limiares auditivos.

Alguns modelos e marcas de aparelhos de amplificação sonora disponibilizam a tecnologia de compressão ou transposição de frequência que possibilita o acesso aos sons de fala com características acústicas nas frequências altas.

Estudos sobre essas tecnologias, que propiciam audibilidade para sons de fala nas frequências altas, como /s/ e /l/, foram realizados afim de avaliar a melhora da inteligibilidade de fala¹⁴⁻¹⁷. O presente estudo não considerou esta tecnologia na análise dos valores de SII gerados na verificação dos ASSI.

Portanto, em relação à adequação das curvas de resposta em função de frequências dos aparelhos de amplificação em relação ao alvo prescrito, obteve-se que: para as perdas auditivas com características dos Gr1, Gr2 e Gr3, a programação dos aparelhos de amplificação precisa estar o mais próximo possível do alvo prescrito para garantir que sons de forte intensidade estejam dentro da área dinâmica da audição até pelo menos a frequência 1000 Hz, sabendo que, para o sinal de entrada mais fraco (55 dB NPS), os valores podem ultrapassar o prescrito (até 1000 Hz); para orelhas com perdas auditivas com características dos Gr4 e Gr5, a programação precisa estar com até 3 dB de diferença positivos ou negativos nas frequências de 250 a 1000 Hz e o mais próximo do alvo prescrito nas frequências de 2000 a 4000 Hz para as entradas de 65 e 55 dB NPS.

Tais dados estão de acordo com estudo⁷ que referiu critérios para a adequação da amplificação em diferentes graus de perda auditiva com o objetivo de estabelecer valores de referência para o SII na elaboração de protocolo de avaliação de resultados do desenvolvimento de crianças deficientes auditivas com idade entre zero a seis.

A verificação dos AASI na população pediátrica é condição indispensável para averiguar a adequação dos aparelhos de amplificação sonora para cada caso. Estudos^{2,3} comprovaram a necessidade da verificação para avaliar a audibilidade adequada para cada caso, sendo indicado o uso de regras prescritivas baseadas em evidência científica como a *DSLm[i/o] v5* e não o uso das regras dos fabricantes de AASI.

A partir das análises, construíram-se curvas de referência de valores de SII 65 e SII 55 para auxiliar os fonoaudiólogos na avaliação da adequação da amplificação para cada caso.

Os dados encontrados neste estudo relativos às curvas de referência para valores de SII 65 estão de acordo com a curva proposta pelo protocolo desenvolvido pela Universidade Western Ontario (UWO PedAMP)⁷. Os autores estudaram os valores de SII e determinaram valores de referência para a intensidade conversacional (65 dB NPS).

Além das curvas de referência para 65 dB NPS, neste estudo, foram determinados também os valores de referência para o nível de apresentação do sinal de entrada de 55 dB NPS, para avaliação da amplificação para os sons de fala de fraca intensidade.

As análises foram realizadas a partir da média das frequências 500, 1000 e 2000 Hz devido ao fato de que, muitas vezes, no início do processo de seleção dos AASI em crianças, temos disponíveis, primeiramente, essas frequências. Os protocolos de diagnóstico audiológico pediátrico ressaltam que as frequências 500 e 2000 Hz são minimamente necessárias para estabelecer grau e configuração de perda. Portanto, o início do processo de intervenção com a indicação dos AASI se dá com os limiares auditivos nas frequências disponíveis¹⁸.

As curvas de referência de valores de SII podem ser incluídas nos protocolos de seleção e adaptação de aparelhos de amplificação sonora e acompanhamento audiológico para avaliar a adequação da amplificação, assim como sugeriu o protocolo UWO PedAMP^{7,9}.

Conclusões

- Para as perdas auditivas com características dos Gr1, Gr2 e Gr3 a programação dos AASI, de modo geral, atinge o alvo prescrito para a entrada de 65 dB NPS até a frequência 1000 Hz nos Gr1 e Gr2 e até 2000 Hz no Gr3. Devido ao campo dinâmico da audição muito reduzido e à necessidade de priorizar o sinal de entrada conversacional (65 dB NPS), a curva de resposta em função de frequências para a entrada de 55 dB NPS acabam ultrapassando os valores prescritos;

- Para orelhas com perdas auditivas com características dos Gr4 e Gr5, a programação dos AASI, de modo geral, atinge o alvo prescrito, com até 3 dB de diferença positivos ou negativos nas frequências de 250 a 2000 Hz para as entradas de 65 e 55 dB NPS. No entanto, na frequência 4000 Hz, pode não ser possível alcançar o alvo prescrito. Para esses casos, é necessário que a resposta do AASI esteja o mais próximo do alvo, na frequência 4000 Hz, para as entradas 65 e 55 dB NPS;

- Curvas de referência com valores de SII amplificado para os níveis de apresentação do sinal de entrada de 65 e 55 dB NPS, foram construídas a partir dos critérios descritos nas conclusões acima. As curvas podem ser incluídas nos protocolos de seleção e indicação de aparelhos de amplificação

sonora e acompanhamento audiológico, para contribuir para a avaliação da adequação da amplificação, de acordo com a regra prescritiva DSLm[i/o] v5, mesmo quando os valores de SII não podem ser medidos em equipamentos específicos.

Referências Bibliográficas

1. Almeida K. Verificação do desempenho e controle das características da amplificação sonora. In: Bevilacqua MC, Martinez MAN, Balen SA, Pupo AC, Reis ACMB, Frota S, editors. *Tratado de Audiologia*. Santos: Santos Editora; 2011. p. 379–87.
2. Seewald R, Mills J, Bagatto M, Scollie S, Moodie S. A comparison of manufacturer-specific prescriptive procedures for infants. *Hear J*. 2008;61(11):26–34.
3. Rezende J, Figueiredo RSL, Novaes B. Verificação de características eletroacústicas: estudo comparativo entre softwares de fabricantes de aparelhos de amplificação sonora individual. *Disturb Comun*. 2012;24(3):323–35.
4. Seewald RC. Fitting Children With the DSI Method. *Hear J*. 1994;47(9):48–51.
5. Scollie S, Seewald R, Cornelisse L, Moodie S, Bagatto M, Larnagaray D, et al. The Desired Sensation Level Multistage Input/Output Algorithm. *Trends Amplif*. 2005 Dec 1;9(4):159–97.
6. ANSI. *Methods for Calculation of Speech Intelligibility Index*. 2012.
7. Bagatto MP, Moodie ST, Malandrino AC, Richert FM, Clench D a, Scollie SD. The University of Western Ontario Pediatric Audiological Monitoring Protocol (UWO PedAMP). *Trends Amplif*. 2011;15(1):57–76.
8. Figueiredo RSL. *Processos de verificação e validação da amplificação em crianças com deficiência auditiva: Índice de Inteligibilidade de Fala - SII – e comportamento auditivo*. Pontifícia Universidade Católica de São Paulo; 2013.
9. Bagatto M, Moodie S, Brown C, Malandrino A, Richert F, Clench D, et al. Prescribing and Verifying Hearing Aids Applying the American Academy of Audiology Pediatric Amplification Guideline: Protocols and Outcomes from the Ontario Infant Hearing Program. *J Am Acad Audiol*. 2016;27(3):188–203.
10. Figueiredo RSL, Mendes BCA, Versolatto-Cavanaugh MC, Novaes BCAC. Classificação de perdas auditivas por grau e configuração e relações com Índice de Inteligibilidade de Fala (SII) amplificado. *Codas*. No prelo, 2016.
11. Audiosacn. *Verifit® User's Guide Version 3.4* ©. 2009. p. 138.
12. Scollie S. *DSL version v5.0 : Description and Early Results in Children* [Internet]. *Audiology online*. 2007. Available from: http://www.audiologyonline.com/articles/pf_article_detail.asp?article_id=1753
13. Harris E, Boyd J. *Statistical Bases of reference values in laboratory medicine*. New York: Marcel Dekker; 1995.
14. Amos NE, Humes LE. Contribution of High Frequencies to Speech Recognition in Quiet and Noise in Listeners With Varying Degrees of High-Frequency Sensorineural Hearing Loss. *J speech, Lang Hear Res*. 2007;50(August):819–34.
15. Glista D, Scollie S, Bagatto M, Seewald R, Parsa V, Johnson A. Evaluation of nonlinear frequency compression: clinical outcomes. *Int J Audiol*. 2009 Jan;48(9):632–44.
16. Glista D, Scollie S, Sulkers J. Nonlinear Frequency Compression Hearing Aids : Do Children Need an Acclimatization Time ? A Case Study on the Acclimatization. *A Sound Foundation Through Early Amplification*. 2010. p. 205–10.
17. McCreery R. The Effects of Frequency-Lowering on Speech Understanding in Children Establishing audibility through verification is an important first step for benefit with FastLinks. *Hear J*. 2012;65(7):14–5.
18. AAA. *Audiologic Guidelines for the Assessment of Hearing in Infants and Young Children*. 2012.