

## DADOS DE DINÂMICA E QUALIDADE VOCAL: CORRELATOS ACÚSTICOS E PERCEPTIVO-AUDITIVOS DA FALA EM CRIANÇA USUÁRIA DE IMPLANTE COCLEAR

*Voice quality and voice dynamics data: acoustic and perceptual correlates of speech of a child using a cochlear implant*

PESSOA, Aline Neves<sup>1</sup>

NOVAES, Beatriz Cavalcanti de Albuquerque Caiuby<sup>2</sup>

PEREIRA, Lilian Kuhn<sup>3</sup>

CAMARGO, Zuleica Antonia<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Laboratório da Análise Acústica e Cognição (LIAAC) do Programa de Linguística Aplicada e Estudos da Linguagem – LAEL – PUC-SP, FAPESP, Centro Audição na Criança – CeAC/DERDIC/PUCSP.

<sup>2</sup> Programa de Estudos Pós-Graduados em Fonoaudiologia PUC-SP, Faculdade de Fonoaudiologia PUC-SP, Centro Audição na Criança – CeAC/DERDIC/PUCSP.

<sup>3</sup> Laboratório da Análise Acústica e Cognição (LIAAC) do Programa de Linguística Aplicada e Estudos da Linguagem – LAEL – PUC-SP, CNPq.

<sup>4</sup> Laboratório da Análise Acústica e Cognição (LIAAC) do Programa de Linguística Aplicada e Estudos da Linguagem – LAEL – PUC-SP, Faculdade de Fonoaudiologia PUC-SP, CEFAC.

---

**Abstract:** *Acoustic and perceptual auditory analysis procedures present themselves as clinical tools which give support to the understanding of the speech features of hearing impaired children (HIC). Voice quality stems from the overlapped action of the larynx, the supralaryngeal vocal tract and the level of muscular tension throughout the speech flow. Nonetheless, voice dynamics is characterized by frequency, duration and intensity variations. This research aimed at investigating acoustic and perceptive correlates of a HIC child's voice and dynamic quality. The child, who has a cochlear implanted, had his speech samples collected during speech therapy sessions. The male subject (R), who uses a unilateral cochlear implant (UCI), had his speech production samples recorded when he was 5 (05 samples) and 6 years old (05 samples), and which were later tagged Cut A and Cut B respectively. The recorded corpus was acoustically analyzed through the use of the SGEXpressionEvaluator script (Barbosa, 2009) running on the free software Praat v10. The measures which were automatically extracted by the script correspond to the fundamental frequency –f0, first f0 derivative, intensity, spectral fall and long term spectrum. The perceptual auditory analysis of the voice quality was based on the VPAS-PB script (Camargo e Madureira, 2008). The perceptual auditory judgments and the acoustic measures were subjected to statistical analysis procedures. At first the, the data (perceptual and acoustic) were separately analyzed through a hierarchical and agglomerative cluster analysis. Subsequently, they were examined together through the principal component analysis. Results revealed the existence of correspondence between the acoustic and perceptual auditory data. In the audio recorded data samples from Cut B (one year after the first one) greater variability tendencies in acoustic measures of f0 could be observed associated with laryngeal hyper function at the perceptual level plus silent pauses and the reduction of speech rate. From the integrated acoustic and perceptual analysis it was possible to keep a record of the child's oral language development process. The data analysis in this study allowed the observation of several interaction levels between the vocal tract (lip movement extension adjusts, tongue and jaw, associated with velopharyngeal adjusts and muscular tension from the larynx), plus the inspection of speech dynamics elements (habitual pitch and speech rate) of a child's speech who has a UCI implanted during a one-year-speech-therapy-process period. This source of information made the characterization of the child's evolution possible, especially in terms of perceptual auditory analysis descriptions being phonetically motivated by the speech dynamics quality.*

**Keywords:** Vocal quality; Speech Dynamics; Auditory Perception; Acoustic Analysis; Cochlear implant.

---

## 1 Introdução

O atual desafio nos estudos de percepção e de produção de fala para usuários de implante coclear (IC) envolve a consideração dos processos temporais, das variabilidades e das combinações entre os parâmetros de frequência, intensidade e duração oferecidas pelos dispositivos e seu impacto na produção de fala. Tais combinações podem afetar, de forma considerável, as possibilidades de comunicação oral do usuário de IC desde as idades mais precoces, no que diz respeito ao processo de aquisição de linguagem oral. Neste campo, destaca-se a importância do enfoque dos níveis segmental e prosódico e, especialmente, as suas relações.

Na clínica fonoaudiológica, as estratégias terapêuticas e as inovações em tecnologias dos dispositivos eletrônicos dos ICs oferecem, cada vez mais, o acesso aos sons de fala (Moret, Bevilacqua e Costa-Filho, 2007; Pratt, Schnoor e Friedman, 2007; Stuchi et al., 2007; Sininger, Grimes e Christensen, 2010; Novaes e Mendes, 2011; Ubrig et al., 2011). Além disso, a possibilidade de diagnóstico de deficiência auditiva (DA) e de intervenção precoce propicia aos sujeitos com DA um grande avanço na qualidade da percepção de fala (Sininger, Grimes e Christensen, 2010; Bento et al., 2005; Evans e Deliyski, 2007; Madureira, Barzaghi e Mendes, 2002; Yoshinaga-Itano, 2003).

As modalidades de análise acústica e perceptivo-auditiva de fala (nos planos segmental e prosódico) de sujeitos com DA podem resultar não apenas em entendimentos clínicos sobre a relação entre percepção e produção de fala (Wirz, 1986; Tobey et al., 2003; Mendes, 2003; Barzaghi-Ficker, 2003; Gregio et al., 2006; Pereira, 2007; Pessoa, 2008; Pessoa et al., 2010; Benninguer, 2011), mas em definição de diretrizes, técnicas e decisões clínicas diante de distúrbios de audição e voz/fala (Yoshinaga-Itano, 2003; Fabry, 2005; Cukier e Camargo, 2005; Moeller, 2007; Magri et al., 2007; Pessoa et al., 2010).

A consideração dos aspectos dinâmicos da fala, com base em modelos teóricos (Boothroyd, 1986; Fujimura e Hirano, 1995; Lindblom, 1990; Barbosa, 2006; Barbosa, 2007; Barbosa, 2009; Xu, 2011; Hirst, 2011; Fourcin e Abberton, 2008), permite o enfoque da variabilidade de padrões contidos na fala e das complexas interações entre mecanismos de percepção e de produção e entre elementos prosódicos e segmentais.

Dentre os elementos prosódicos, a qualidade vocal tem despertado interesse de um crescente grupo de pesquisadores. O roteiro *Voice Profile Analysis Scheme para o Português Brasileiro: VPAS-PB* (Camargo e Madureira, 2008), adaptado de um grupo de pesquisadores da Escócia (Laver et al., 1981; Laver, 1980; Laver, 2000; Laver e Mackenzie-Beck, 2007), tem permitido a análise de qualidade vocal de diferentes grupos de falantes, numa abordagem de variedades linguísticas, distúrbios de fala e de possibilidades de expressão de atitudes e emoções (Scheiner et al., 2006; Camargo, Vilarim e Cukier, 2004; Peralta, Camargo e Mendes, 2006; Ramos, 2000; Camargo e Madureira, 2009; Rusilo, Madureira e Camargo, 2011; Mackenzie-Beck, 2005).

O roteiro VPAS possibilita a descrição detalhada dos elementos prosódicos a partir de dois módulos: qualidade vocal e dinâmica vocal. Considera-se, nesse modelo, a qualidade vocal como resultado da ação conjunta da laringe e do trato vocal supralaríngeo, emergindo da combinação dos ajustes de longo termo na fala de um indivíduo (Laver, 1980; Laver, 2000; Laver e Mackenzie-Beck, 2007). Ou seja, todas as tendências de longo termo da produção da fala que caracterizam um falante em particular, produtos das atividades respiratória, laríngea/fonatória e supralaríngea/articulatória (Hammaberg e Gauffin, 1995; Abberton, 2000; Mackenzie-Beck, 2005). O módulo de dinâmica vocal oferece a possibilidade de julgamento

perceptivo dos parâmetros de evolução da frequência, da intensidade e da duração (*pitch*, *loudness*, pausa e taxa de elocução).

Do ponto de vista acústico, a qualidade vocal e dinâmica vocal têm sido exploradas em nosso grupo por meio da combinação de um grupo de medidas acústicas referentes à frequência fundamental ( $f_0$ ), derivada de  $f_0$ , intensidade, declínio espectral e espectro de longo termo (Barbosa, 2009; Camargo e Madureira, 2009; Rusilo, Madureira e Camargo, 2011; Hammaberg e Gauffin, 1995).

Considerando-se a relação complementar e indissociável entre elementos prosódicos e segmentares (Albano et al., 1997), a abordagem desses elementos torna-se importante para o acompanhamento do processo de desenvolvimento de fala em usuários de IC e para estimular o debate referente ao estabelecimento de procedimentos de avaliação e definição de condutas fonoaudiológicas (Xu et al., 2009).

Desta forma, foram elencadas as seguintes questões:

a) Há indicadores de evolução de terapia em termos das avaliações perceptivo-auditiva e acústica de qualidade e de dinâmica vocal?

b) Os correlatos perceptivos e acústicos de qualidade e dinâmica vocal permitem levantar indicadores de evolução de aquisição de linguagem oral em criança usuária de IC. Tais indicadores fornecem informações a respeito de marcos em termos de estruturação dos elementos prosódicos?

c) Quais os ajustes de qualidade vocal presentes e como são combinados nos planos laríngeo, supralaríngeo e de tensão? Como os aspectos de dinâmica vocal (*pitch*, *loudness*, pausa e taxa de elocução) se estruturam na fala de sujeitos usuários de IC?

Esta pesquisa objetivou descrever os correlatos acústicos e perceptivos da qualidade vocal e da dinâmica vocal de uma criança DA usuária de implante coclear, em situação terapêutica a partir de dois recortes com intervalo de um ano.

## 2 Material e Método

### 2.1 Sujeito e amostras de fala

O sujeito, R., usuário de IC (Figura 1) unilateral à direita foi audiogravado em terapia fonoaudiológica em dois diferentes momentos, definidos como recortes. Cinco amostras representaram o Recorte A (coleta aos cinco anos de idade) e cinco amostras representaram o Recorte B (coleta aos 6 anos de idade). Ambos os recortes referem-se a momentos pós-implante coclear e em manutenção de terapia fonoaudiológica com frequência de duas sessões semanais.



Figura 1. Dispositivo de Implante Coclear: representação esquemática da transdução elétrica do sinal acústico e direcionamento ao cérebro (decodificação e interpretação)

A terapia fonoaudiológica teve como objetivo geral a estimulação de desenvolvimento de habilidades auditivas, de fala e de linguagem. O sujeito não apresentava alterações estruturais e funcionais de órgãos fonoarticulatórios e pregas vocais detectados em avaliações médica e fonoaudiológica.

O uso do IC na orelha direita permite que o sujeito apresente, enquanto respostas mínimas auditivas para tons puros, limiares dentro da normalidade, ou seja, melhores do que 25 dBNA para as frequências de 250 Hz até 06 kHz, em respostas coletadas em avaliação audiológica na cabine audiométrica. A orelha contralateral apresenta, com aparelho de amplificação sonora individual, respostas mínimas auditivas para tom puro em cabine audiológica com média das respostas de 500Hz, 1KHz e 2KHz em 60dB e ausência de respostas auditivas pela estimulação acústica em frequências altas.

A Tabela 1 esclarece dados do histórico do sujeito da pesquisa.

**Tabela 1:** Informações referentes ao sexo, diagnóstico audiológico, cirurgia para inserção do IC e terapia fonoaudiológica do sujeito da pesquisa

Sujeito	Sexo	Diagnóstico Audiológico	Cirurgia para inserção do IC unilateral (lado direito)	Orelha contralateral ao IC (lado esquerdo)	Terapia Fonoaudiológica
R.	Masculino	Deficiência Auditiva Neurossensorial Bilateral congênita de Grau Profundo. Uso de Aparelhos de Amplificação Sonora Individual bilateral desde o diagnóstico.	Idade: 2a;5m. Respostas mínimas auditivas, em campo para tom puro em cabine audiológica, melhores do que 25 dBNA para as frequências de 250 Hz até 06 kHz.	Uso de aparelho de amplificação individual retroauricular de tecnologia digital. Respostas mínimas auditivas para tom puro em cabine audiológica com média de das respostas de 500Hz, 1KHz e 2KHz em 60dB e ausência de respostas auditivas pela estimulação acústica em frequências altas.	Sessões que ocorrem duas vezes por semana, com duração de 1 hora com estimulação de habilidades auditivas, de fala e de linguagem.

## 2.2. Gravação, edição e composição do *corpus*

As investigações são desenvolvidas em um estudo de Doutorado que tem relacionado as esferas da percepção e da produção de fala, diante das interações que se estabelecem entre elementos segmentares e prosódicos, a partir de *corpus* estruturado em coletas seriadas em situação de terapia (Pessoa et al., 2010). A gravação do *corpus* de fala em contexto terapêutico (em curso) acontece em sala de atendimentos fonoaudiológicos. As coletas ocorrem de forma a registrar, em um contexto lúdico, as vocalizações e as produções de fala típicas do espaço terapêutico, de maneira que a coleta foi planejada para promover o mínimo de interferências na situação em questão. O material para a sessão terapêutica foi constituído por brinquedos e jogos infantis.

As amostras coletadas foram analisadas numa perspectiva intrasujeito, em comparação de dois recortes, audiogravados em intervalo de um ano. O sujeito estava em condições favoráveis de saúde nos dias das gravações, não apresentava quadros alérgicos, gripal ou outro fator que pudesse alterar suas condições vocais e de fala habituais.

Neste contexto, foram audiogravadas amostras de fala espontânea da criança e selecionados cinco de cada período (Recortes A e B), nomeadas como 1A, 2A, 3A, 4A, 5A

(referentes ao Recorte A) e 1B, 2B, 3B, 4B e 5B (referentes ao Recorte B) totalizando, desta forma, 10 amostras de fala para posterior análise.

As sessões foram audiogravadas na íntegra, sendo as gravações editadas em enunciados (de diferentes modalidades) que apresentaram durações entre 03 e 10 segundos. A etiquetagem das amostras deu-se por enunciados conforme proposta para aplicação do *script* de análise acústica adotado - *SG Expression Evaluator* (Barbosa, 2006; Barbosa, 2007; Barbosa, 2009).

As sentenças produzidas, bem como a estrutura dos enunciados, não influenciam na análise dos dados desse estudo, uma vez que a análise acústica, por gerar medidas relativas e normalizadas, não sofre influências advindas de variações de distância entre boca e microfone. Além disso, a análise perceptivo-auditiva, por considerar aspectos referentes à evolução e à variabilidade dos parâmetros em longo termo, diz respeito a uma análise de cada enunciado produzido, e por isso, o roteiro propicia descrição de características recorrentes que traduzem as tendências do aparelho fonador em se submeter a um ajuste muscular particular de longa duração, o que possibilita a análise e comparação de diferentes estruturas, combinações e relações entre prosódia-segmentos.

Como critério de seleção das amostras que comporiam a presente pesquisa, adotou-se a qualidade da gravação. Aquelas que apresentavam ruído superior a um terço do sinal amostra no traçado da forma da onda foram descartadas. Tais ruídos que foram gerados pela movimentação da criança ou pelo ruído advindo de algum material lúdico utilizado. O processo de etiquetagem ocorreu a partir da marcação de trechos de produção de fala espontânea na qual selecionou-se enunciados.

Para a gravação do *corpus*, foram utilizados um microfone unidirecional ML 70-D Lapela (*Le son*) e um gravador digital MD Sony modelo MZ-R70.

Os processos de edição, tratamento e análise das amostras foram realizados no Laboratório Integrado de Análise Acústica e Cognição (LIAAC) da PUC-SP, onde esta pesquisa foi desenvolvida.

O material foi digitalizado na frequência de amostragem 22050 Hz e 16 bits, extensão *wav*, a partir do *software Sound Forge Edit* (versão 7.0) e analisado por meio do *software Praat* v10 (disponível no *site* [www.praat.org](http://www.praat.org)).

Conforme preceitos éticos, os responsáveis pelo sujeito participante da pesquisa foram informados sobre os procedimentos e objetivos da pesquisa, de modo a expressar consentimento no uso das informações para fins estritamente científicos e de inclusão das amostras coletadas ao banco de dados do LIAAC. O projeto de pesquisa foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa PUC-SP (nº 135/2009).

### 2.3 Análise perceptivo-auditiva

A análise perceptivo-auditiva foi realizada com base no roteiro VPAS-PB (Camargo e Madureira, 2008) – figuras 2 e 3 – para julgamentos de qualidade vocal e de dinâmica vocal. Dois juízes experientes no uso do referido instrumento realizaram julgamento em consenso do conjunto de 10 amostras de fala (recorte A e recorte B), apresentadas aleatoriamente.

O roteiro VPAS-PB permite a descrição da combinação de ajustes de qualidade vocal nos planos laríngeo, supralaríngeo e de tensão, além de aspectos de dinâmica vocal (pausas, taxa de elocução, *pitch*, *loudness*). Os juízes pautam-se nos efeitos de longo termo de qualidade e dinâmica vocal, que recaem de forma recorrente, sobre os segmentos no fluxo da fala. Para efeitos de detecção dos ajustes, os juízes focam inicialmente os grupos de ajustes e efeitos de dinâmica proeminentes na emissão, etapa tida como primeira passada. Na sequência, focam sua atenção nos segmentos-chave (Camargo e Madureira, 2008; Rusilo, Madureira e Camargo, 2011) para estabelecimento da natureza do ajuste e de seu grau de manifestação, etapa tida

como segunda passada. Da combinação do resultado das duas etapas, resulta o perfil de qualidade vocal do trecho de fala em questão.

Os dados advindos da avaliação perceptivo-auditiva por meio do VPAS-PB foram organizados em uma planilha de vetores, também desenvolvida pelos pesquisadores do LIAAC (Rusilo, Madureira e Camargo, 2001), para tabulação de dados de avaliação de qualidade vocal foneticamente motivada e posterior análise estatística.

## 2.4 Análise acústica

A análise acústica foi realizada a partir da extração de medidas acústicas de longo termo por meio do *script SG Expression Evaluator* (Barbosa, 2009). O *script* gera dados estatísticos de medidas de mediana de frequência fundamental ( $f_0$ ) – Med $f_0$ ; semi-amplitude entre quartis de  $f_0$  – samp $qf_0$ ; quantil 99,5% de  $f_0$  – q99,5 $f_0$ ; assimetria de  $f_0$  – sk $f_0$ ; média de derivada de  $f_0$  – md $f_0$ ; desvio padrão de derivada de  $f_0$  – s-d $f_0$ ; assimetria de derivada de  $f_0$  – skd $f_0$ ; assimetria de intensidade – skint; média de declínio espectral – mSp Tilt; desvio padrão de declínio espectral – sSpTilt; assimetria de declínio espectral – skSpec Tilt; desvio padrão de ELT (espectro de longo termo) – ltas.

Tais medidas são extraídas de trechos de fala, não sendo necessária a etiquetagem de segmentos. Desta maneira, esta modalidade de análise não demanda amostra de fala padronizada e é aplicada a análises de efeitos expressivos (Barbosa, 2009; Camargo e Madureira, 2009; Rusilo, Madureira e Camargo, 2011) e de correlatos acústicos de ajustes de qualidade vocal (Camargo e Madureira, 2009; Rusilo, Madureira e Camargo, 2011).

## 2.5. Análise estatística

Os julgamentos perceptivo-auditivos e as medidas acústicas foram submetidos a procedimentos de análise estatística. Numa primeira etapa, os dados (perceptivos e acústicos) foram separadamente analisados por meio de análise de cluster aglomerativa hierárquica. Em seguida, foram analisados de forma conjunta por meio de análise de componentes principais. Ambos os procedimentos foram realizados com o uso do software *XLStat- Addinsoft*.

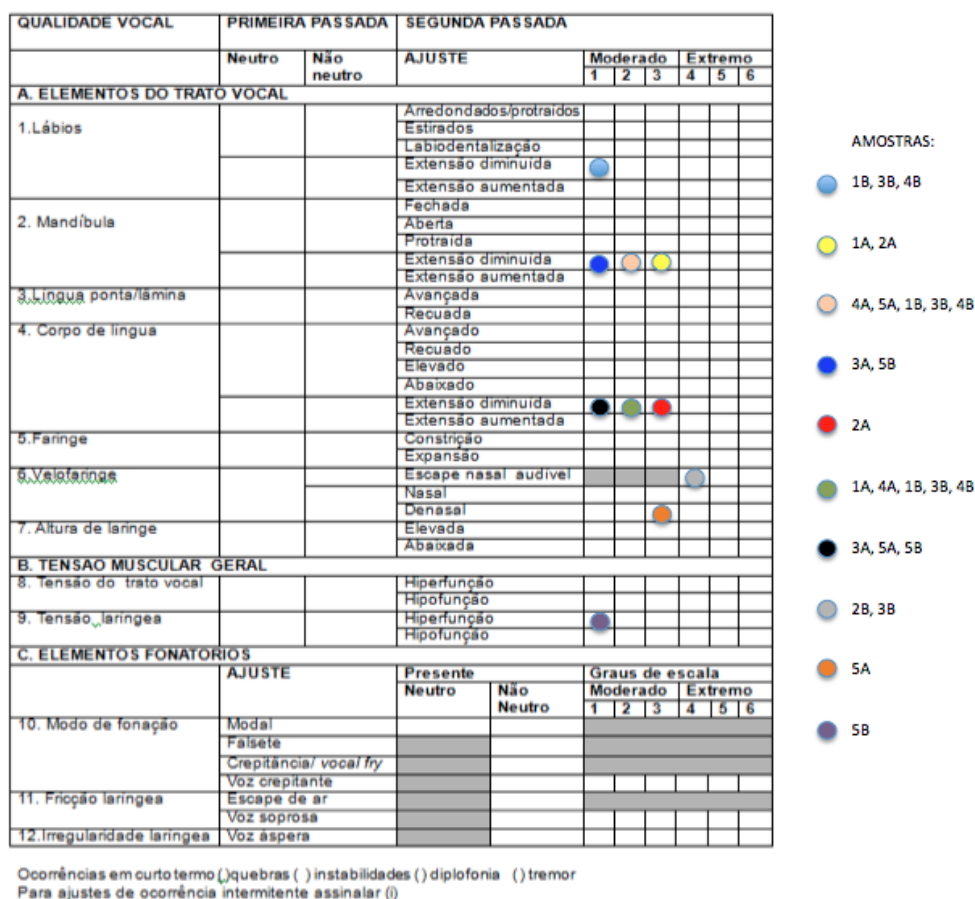
As medidas acústicas também foram submetidas a testes de comparação de médias entre todos os parâmetros das produções do Recorte A e Recorte B, gerados pelo *script* (*Anova*, com nível de significância  $p < 0,05$ ) com o *software SPSS*.

## 3. Resultados

### 3.1 Dados da análise perceptivo-auditiva

A análise perceptivo-auditiva, por meio do roteiro VPAS-PB, nos módulos de qualidade vocal e de dinâmica vocal é apresentada nas Figuras 2 a 5.

Nas figuras 2 e 3 podem ser observados os resultados que permitem estimar o perfil de qualidade vocal das amostras dos Recortes A (sujeito com 5 anos de idade) e B (sujeito com 6 anos de idade).

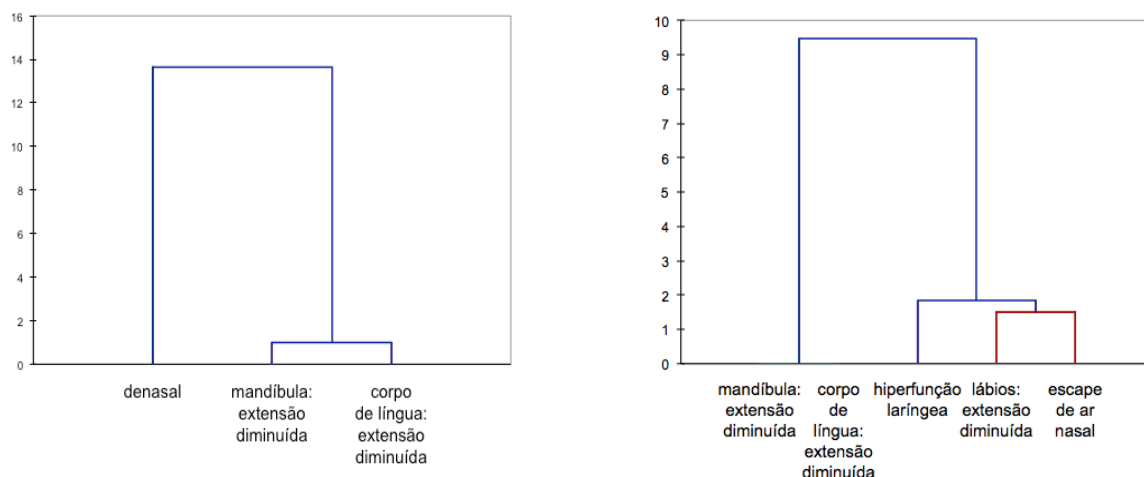


**Figura 2.** Julgamentos perceptivo-auditivos da qualidade vocal nos recortes A (emissões 1A, 2A, 3A, 4A e 5A) e B (emissões 1B, 2B, 3B, 4B e 5B)



**Figura 3.** Julgamentos perceptivo-auditivos da dinâmica vocal nos recortes A (emissões 1A, 2A, 3A, 4A e 5A) e B (emissões 1B, 2B, 3B, 4B e 5B)

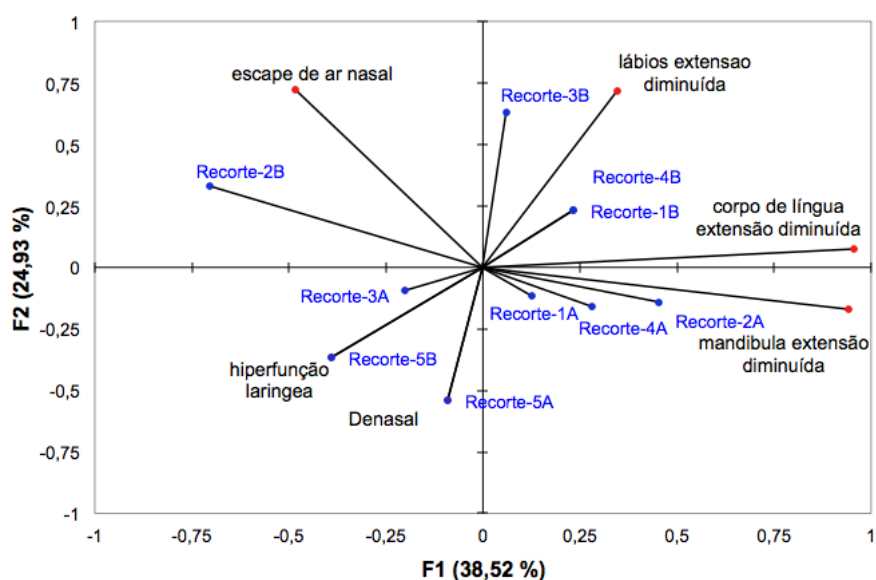
Na figura 4 são apresentados os dendrogramas referentes aos ajustes de qualidade vocal das amostras dos Recortes A e B.



**Figura 4.** Dendrogramas referentes aos julgamentos perceptivo-auditivos de qualidade vocal nos Recortes A (esquerda) e B (direita)

Houve julgamento de diminuição de extensão de lábios em grau 1 nas amostras 1B, 3B e 4B. Identificou-se diminuição de extensão de mandíbula em grau 3 nas amostras 1A e 2A; em grau 2 nas amostras 4A, 5A, 1B, 3B e 4B; e em grau 1 nas amostras 3A e 5B. Somente em uma das amostras (2B) de todas as amostras analisadas nos dois recortes que não houve diminuição de extensão de mandíbula. Houve diminuição de extensão de corpo de língua em grau 3 na amostra 2A, em grau 2 na amostra 1A, 4A, 1B, 3B e 4B; e em grau 1 nas amostras 3A, 5A, 5B. Identificou-se escape de ar nasal em amostras 2B e 3B. Denasalidade em amostra 5A e hiperfunção laringea com grau 1 em amostra 5B.

O agrupamento das amostras referentes aos dois recortes na análise de cluster aglomerativa hierárquica em função dos julgamentos de qualidade vocal é apresentado na figura 5.



**Figura 5.** Agrupamento das amostras referentes aos recortes A e B na análise de *cluster* aglomerativa hierárquica em função dos julgamentos de qualidade vocal



### 3.2 Dados da análise acústica

O detalhamento da interpretação dos resultados da análise acústica é apresentado nas Figuras 6 a 11.

Na figura 6 são apresentados os dendrogramas referentes às medidas acústicas das amostras dos Recortes A e B.

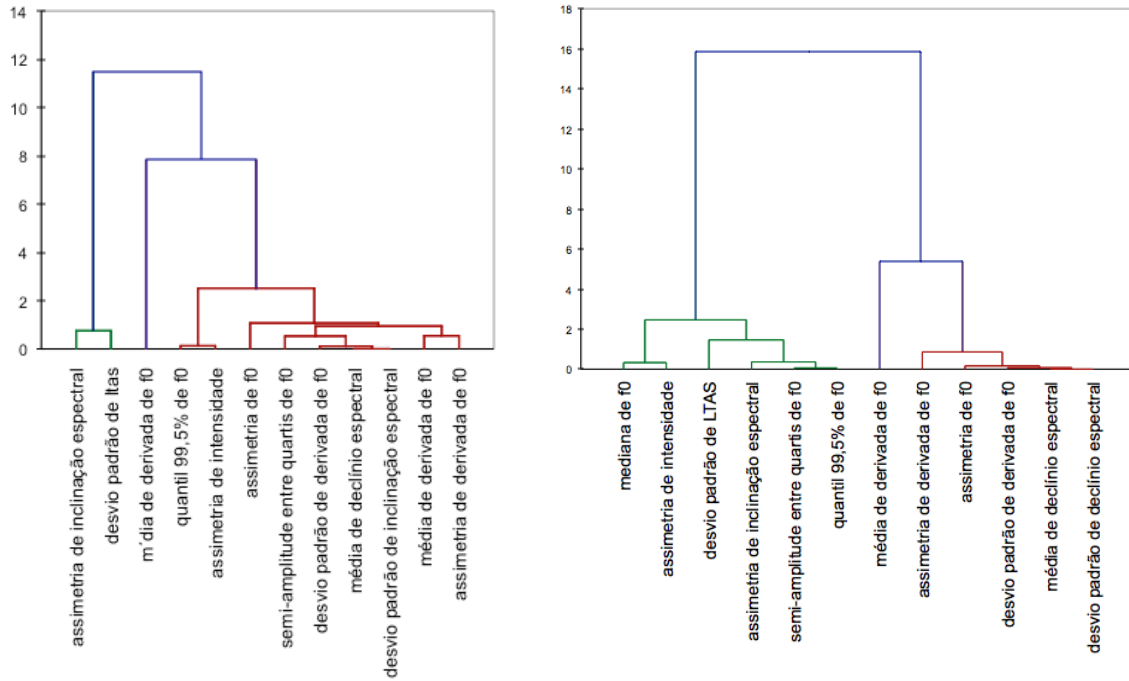


Figura 6. Dendrogramas referentes às medidas acústicas nos Recortes A (esquerda) e B (direita)

O agrupamento das amostras referentes aos dois recortes na análise de cluster aglomerativa hierárquica em função das medidas acústicas é apresentado na figura 7.

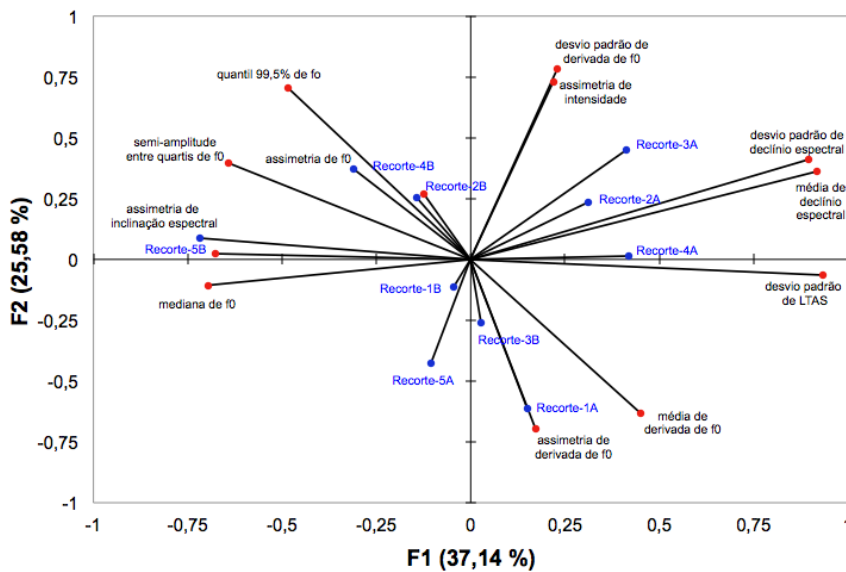
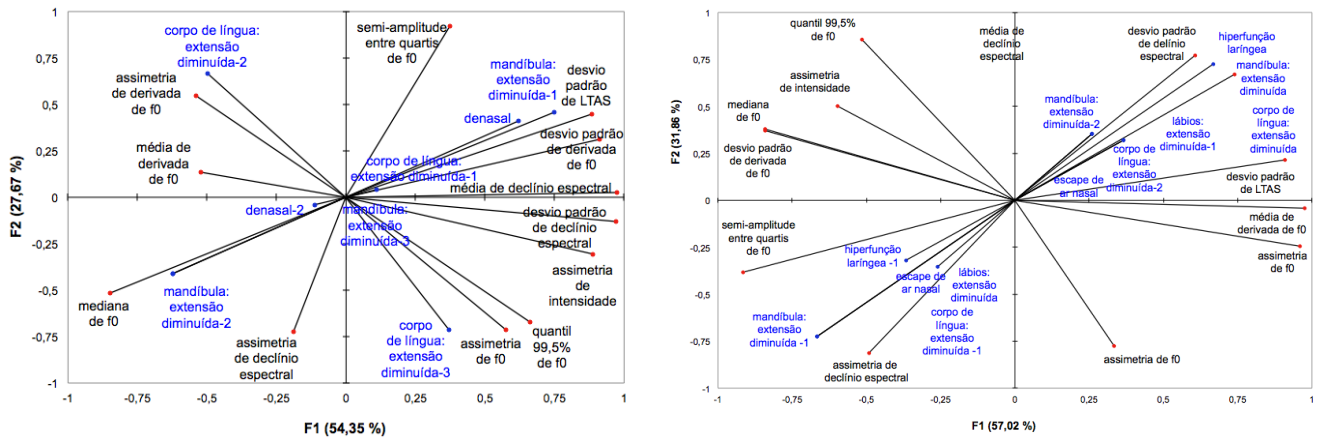
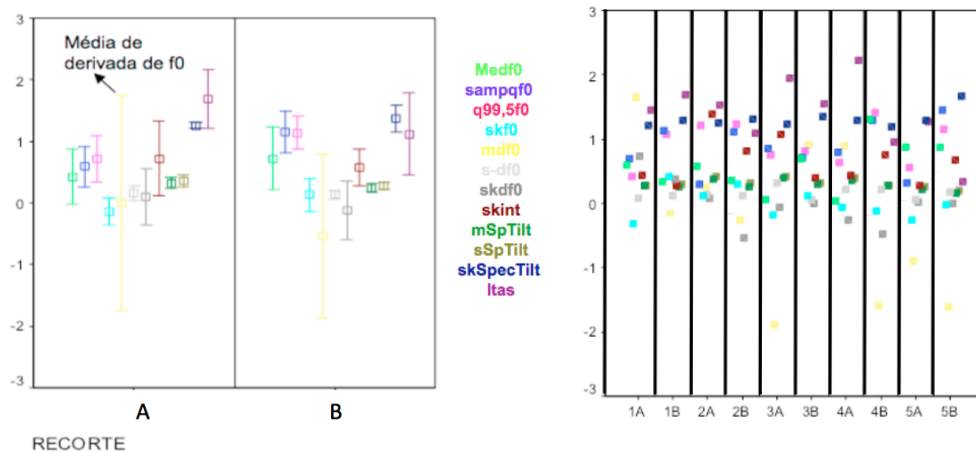


Figura 7. Agrupamento das amostras referentes aos recortes A e B na análise de cluster aglomerativa hierárquica em função das medidas acústicas



**Figura 8:** Diagramas circulares dos dados de julgamentos de qualidade vocal e de medidas acústicas da análise de componentes principais dos Recortes A (esquerda) e B (direita)

A distribuição das medidas acústicas, conforme recortes A e B e diferenciadas por emissões, é apresentada na figura 9.

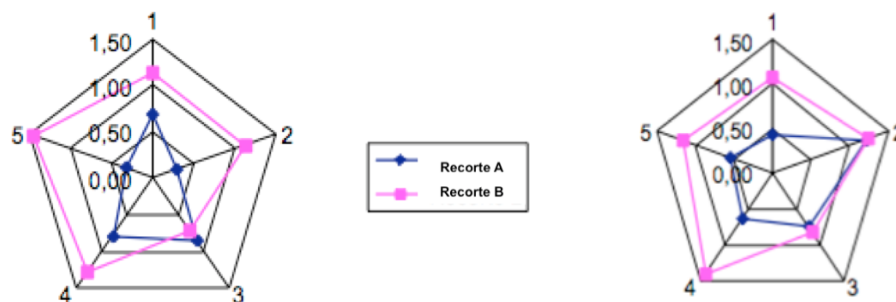


Legenda: Medf0: *mediana de* frequência fundamental (f0); Sampqf0: semi-amplitude entre quartis de f0; q99,5f0: quantil 99 e meio por cento de f0; Skf0: assimetria de f0; Mdf0: *média de* derivada de f0; S-df0: desvio padrão de derivada de f0; Skdf0: assimetria de derivada de f0; Skint: assimetria de intensidade; MSpTilt: *média de* declínio espectral; SSPTilt: desvio padrão de declínio espectral; SkSpecTilt: assimetria de declínio espectral; Ltas: desvio padrão de LTAS (espectro de longo termo).

**Figura 9.** Distribuição das medidas acústicas de amostras de fala coletadas no Recorte A (criança com 5 anos) e no Recorte B (criança com 6 anos) – esquerda – e representação das medidas dos parâmetros gerados pelo *script* apresentadas por cada amostra de fala coletada nos Recortes A (amostras 1A,2A,3A,4A,5A) e B (1B,2B,3B,4B,5B).

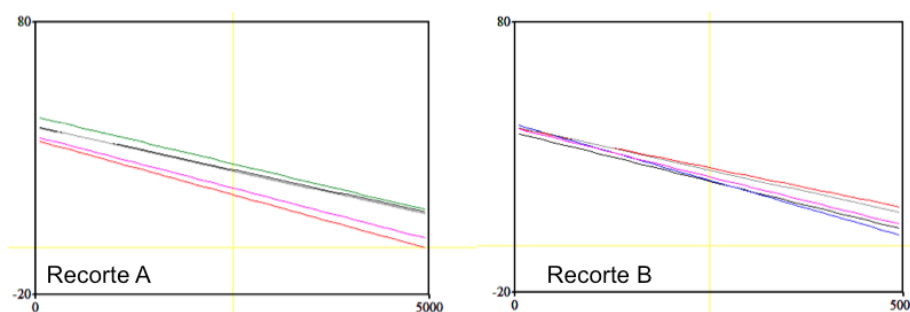
A análise estatística comparativa de médias de medidas acústicas das amostras dos dois recortes realizados revelou significância nas medidas de dois parâmetros apresentados na figura 10 (semi-amplitude entre quartis de f0:  $p = 0,011$ ) e 13 (quantil 99,5% de f0:  $p = 0,033$ ).

Notou-se maior variabilidade das medidas de semi-amplitude entre quartis de f0 nas amostras do Recorte B (sujeito com 6 anos de idade), denotando diferença significativa ( $p = 0,011$ ) em comparação aos valores obtidos na análise das amostras do Recorte A.



**Figura 10.** Distribuição das medidas acústicas de semi-amplitude entre quartis de  $f_0$  (esquerda) e quantil 99,5% de  $f_0$  (direita) nos Recortes A e B

Os traçados de declínio espectral das emissões dos recortes A e B são apresentadas na figura 11.



**Figura 11.** Linhas de declínio espectral (Recortes A e B)

Verificou-se declínio mais acentuado em amostras do Recorte A, o que indicou a tendência à menor hiperfunção laríngea, quando comparado ao traçado nas amostras do Recorte B, indicando maior grau de hiperfunção laríngea.

#### 4. Discussão

Da análise conjugada de dados da percepção e da acústica da fala de uma criança usuária de IC em situações de terapia foi possível destacar elementos de qualidade e de dinâmica vocal no processo de desenvolvimento de linguagem oral verbal, os quais permitem tecer algumas considerações sobre a aplicabilidade de tais recursos no acompanhamento clínico desta população.

Destaca-se, diante da análise perceptivo-auditiva, a relevância metodológica do modelo de descrição fonética da qualidade vocal (Camargo e Madureira, 2008; Laver et al., 1981; Laver, 1980; Laver, 2000; Laver e Mackenzie-Beck, 2007) que propicia entendimentos acerca de combinação de ajustes do trato vocal supralaríngeo, glótico e de tensão, combinados aos elementos da dinâmica vocal (variações de frequência, intensidade e duração). Tal abordagem considera as possibilidades de adaptações do trato vocal no ato da produção da fala, de forma a revelar a sua característica de plasticidade (Camargo e Madureira, 2008; Laver et al., 1981; Laver e Mackenzie-Beck, 2007). Nesta concepção, a partir de descrição de mobilizações

possíveis realizadas entre os extremos de atividade vibratória de pregas vocais, de variadas configurações de cavidades supralaríngeas, de extensão do trato vocal e de tensão e relaxamento da musculatura pode-se compreender a variabilidade de produções possíveis dentro do padrão fonético de determinada língua e, mesmo, de diversos estados de alterações do trato vocal (Camargo e Madureira, 2008; Laver et al., 1981; Laver, 1980; Laver e Mackenzie-Beck, 2007).

O roteiro adotado neste estudo, VPAS-PB, é fruto do modelo fonético de descrição da qualidade vocal (Laver et al., 1981; Mackenzie-Beck, 2005), o qual prevê a descrição dos ajustes laríngeos, supralaríngeos e de tensão a partir de uma unidade de análise, o ajuste neutro. Tal unidade de referência representa um estado intermediário de atividade nos planos laríngeo, supralaríngeo e de tensão muscular e não um padrão de normalidade fonoarticulatória ou ideal de qualidade vocal. Desta forma, permite uma descrição atenta e detalhada das mobilizações que percorrem em longo termo na produção da fala e que caracterizam um falante em particular.

Esta abordagem contrapõe-se a tendências de descrições de aspectos de qualidade e dinâmica vocal que se pautam em emissões sustentadas ou não-espontâneas, nas quais as características prosódias da fala não são devidamente contempladas.

Em relação aos julgamentos da avaliação perceptivo-auditiva pelo roteiro VPAS-PB deste estudo, (figuras 2 e 3) observou-se, nos dois recortes realizados (A e B), a presença de ajustes de diminuição de extensão de corpo de língua e de mandíbula. Além disso, nas amostras do Recorte A (sujeito com 5 anos de idade), foi detectado ajuste de denasalidade, enquanto que, nas amostras do Recorte B, destacaram-se ajustes de diminuição extensão de lábios, escape de ar nasal, maior grau de hiperfunção laríngea, além de elementos de dinâmica vocal referentes à elevação de *pitch* habitual e à diminuição da taxa de elocução (figura 4). Assim, quase todas as amostras revelaram diminuição de extensão no movimento de articuladores, especialmente de língua e mandíbula, fator este comumente referido na literatura (Mendes, 2003; Peralta, Camargo e Mendes, 2006; Rusilo, Madureira e Camargo, 2011; Mackenzie-Beck, 2005).

Os ajustes supralaríngeos na qualidade vocal e elementos de dinâmica vocal marcaram, sobretudo, mobilizações que descrevem ao longo do tempo, as diferenças e, especialmente, a evolução, nos dois momentos de coleta de amostras de fala. Tal análise permitiu acompanhar algumas etapas de desenvolvimento de linguagem oral e de estruturação de elementos prosódicos do sujeito. Neste sentido, foi interessante observar que as informações referentes à análise de *cluster* aglomerativa hierárquica (figura 5) permitiram diferenciar os dois recortes de terapia por meio dos ajustes de qualidade vocal e dos elementos de dinâmica vocal.

Portanto, podemos afirmar que, vários dos ajustes de qualidade vocal e dos aspectos de dinâmica vocal podem ter ocorrido por um maior trabalho articulatório da criança, cujas evidências começam a emergir no Recorte B. Neste aspecto, destaca-se que, apesar da metodologia empregada requerer apenas a etiquetagem de enunciados, durante este processo, foi possível evidenciar o maior refinamento na estrutura do sinal acústico no Recorte B, que propiciou a identificação mais precisa de elementos do plano segmental.

Assim, as mobilizações registradas parecem indicar maior habilidade em busca do refinamento das produções articulatórias, as quais podem ser evidenciadas por componentes de nasalidade (escape de ar nasal), em contraste à denasalidade do período anterior. Além disso, os achados de maior grau de hiperfunção laríngea e de aumento do *pitch* habitual podem ser compatíveis com a diminuição de amplitude de articuladores, especialmente de lábios e de língua nesta etapa (Wirz, 1986; Giusti et al., 2001). Tais combinações acentuam a importância do enfoque das relações prosódia e segmento e, especialmente, a demanda por abordagem de mecanismos que possam causar sobrecarga no trato vocal, tais como os mecanismos de hiperfunção laríngea, especialmente nos casos em que as estruturas do trato vocal estão em desenvolvimento.

Tais achados podem ser indicativos de uma evolução em termos da estruturação dos elementos prosódicos e de outras combinações que a criança pode fazer ao longo do processo de desenvolvimento de linguagem e, inclusive, parte delas, como resultado do processo terapêutico. Diante das mobilizações detectadas, destaca-se a possibilidade de se discutir a viabilidade de estratégias terapêuticas diferenciadas a cada um dos recortes eleitos (Moret, Bevilacqua e Costa-Filho, 2007; Novaes e Mendes, 2011; Mendes, 2003).

Vários achados no plano acústico propiciaram a complementação da discussão dos dados acima explorados. Neste aspecto da análise, vale ressaltar que a extração de medidas acústicas não envolveu a demanda de segmentação das frases por segmentos. Contemplou a diversidade e variância das produções de fala referentes ao material da gravação, os quais contemplam variados contextos fonéticos, traduzidos em recortes da produção de fala espontânea de criança em aquisição de linguagem.

A utilização das medidas de *jitter*, *shimmer*, relação harmônico/ruído, índice de turbulência vocal e de fonação suave costumavam ser utilizadas por diversos autores para descrição da qualidade vocal (Bento et al., 2005). Tais estudos utilizavam, de forma preferencial, a análise de emissões de vogais sustentadas, de forma que poucas comparações puderam ser traçadas com os resultados do presente estudo.

Por outro lado, alguns estudos que enfocaram as medidas acústicas de padrão de formantes das vogais podem guardar relação com alguns dos ajustes de qualidade vocal detectados nos recortes A e B, especialmente quanto aos ajustes de diminuição de extensão de lábios, língua e mandíbula (Mackenzie-Beck, 2005), os quais guardam relação com achados de redução do espaço vocálico das vogais ou, mais precisamente, a sobreposição de espaços acústico-articulatórios das vogais adjacentes em estudos de natureza acústica (Mendes, 2003; Andrade, 2009; Andrade, 2009).

Quanto aos aspectos de achados acústicos complementares aos achados de *pitch* habitual elevado no Recorte B (figura 8), destacam-se as medidas de  $f_0$  habituais mais elevadas no Recorte B, quando a criança tinha seis anos de idade, em relação ao Recorte A. Em relação aos dados de crianças ouvintes na mesma faixa etária, a análise apresentou valores bem próximos, em termos da média e desvio padrão (Andrade, 2009).

As informações referentes à análise de cluster aglomerativa hierárquica (figura 9) em função das medidas acústicas permitiu diferenciar parcialmente os dois recortes de terapia. As medidas de derivada de  $f_0$  (média, desvio padrão e assimetria), de declínio espectral (média e desvio padrão) e de LTAS (desvio padrão) agruparam-se de forma mais intensa nas amostras do Recorte A, enquanto medidas de  $f_0$  (mediana, semi-amplitude entre quartis e assimetria) e de assimetria de declínio espectral agruparam-se no Recorte B.

Ao analisarmos a variabilidade das medidas geradas pelo *Script* (figuras 9 e 10), além dos dados de diferenças significativas nas medidas de semi-amplitude entre quartis de  $f_0$  ( $sampqf_0$ ) e de quantil 99,5 % de  $f_0$  ( $q99,5f_0$ ) entre os Recortes A e B, os valores de semi-amplitude entre quartis de  $f_0$  apresentaram-se ligeiramente elevados no Recorte B, com distribuição similar ao Recorte A. Tal medida expressa a variação, que exclui valores espúrios e, portanto, revela maior variação dos valores de  $f_0$  no Recorte B. As medidas de quantil 99,5 % de  $f_0$  revelaram-se igualmente aumentadas no recorte B em relação ao Recorte A, sugerindo que os valores superiores de  $f_0$  da emissão também estiveram elevados.

Tais dados revelam que no conjunto, os valores de mediana, de variabilidade e de limites superiores estiveram aumentados no Recorte B. Tomadas em conjunto com as medidas de derivada de  $f_0$ , que apresentaram a distribuição mais ampla do grupo de medidas (figuras 10), observa-se que no Recorte B há ligeiro rebaixamento da média de derivada e de seus valores superiores, tais informações podem sinalizar que as variações de  $f_0$  foram menos abruptas do

que no Recorte A.

Neste aspecto, estudos da fala de sujeitos com deficiência auditiva de implantados revelaram tendências e elevação dos valores de  $f_0$  (Ubrig et al., 2011; Pessoa et al., 2010; Peralta, Camargo e Mendes, 2006; Ramos, 2000; Giusti et al., 2001), os quais determinariam alterações nos padrões de percepção que envolvem a inteligibilidade, até mesmo em dimensões fonológicas e em aspectos de veiculação de emoções e expressões de afeto (Abberton, 2000). Da mesma forma, são referidas comumente variações extremas e abruptas de  $f_0$ , tanto para falantes usuários de AASI como de IC.

Quanto às medidas de declínio espectral, os valores médios revelaram o maior grau de declínio espectral nos dados de Recorte A, os quais coincidiram, em termos dos julgamentos perceptivos com menores índices de hiperfunção laríngea no mesmo recorte. Os valores de inclinação espectral guardam relação com tensão laríngea e são considerados como importante medida do nível de tensão laríngea do estímulo aferido (Hammaberg e Gauffin, 1995).

Por fim, a abordagem conjunta de dados de percepção (julgamentos de qualidade vocal com suas respectivas graduações de manifestação) e de medidas acústicas permitiu a caracterização dos dois recortes estudados, de forma a revelar agrupamentos que acentuam pontos anteriormente levantados nesta discussão, tais como: o agrupamento das medidas de quantil 99,5% de  $f_0$  com os ajustes de diminuição de extensão de articuladores (em maior grau) no Recorte A e com ajustes de hiperfunção laríngea no Recorte B. As medidas de mediana de  $f_0$  estiveram relacionadas a menores graus (Recorte A) ou ausência de ajustes supralaríngeos (Recorte B) nas amostras. As medidas de declínio espectral e de LTAS associaram-se a ajustes de hiperfunção laríngea.

Neste contexto, cabe destacar que não somente o diagnóstico e a intervenção precoces são importantes para o prognóstico, bem como um trabalho específico com sistema sensorio motor oral, voz e fala parecem ser decisivos para um bom desenvolvimento de linguagem oral-verbal e do *feedback* acústico (Moret, Bevilacqua e Costa-Filho, 2007; Sininger, Grimes e Christensen, 2010; Evans e Deliyiski, 2007; Yoshinaga-Itano, 2003; Pessoa et al., 2010; Moeller, 2007). Da mesma forma, a maior possibilidade de acesso às experiências sensitivas auditivas é uma condição que colabora para construção de padrões articulatorios e para a alimentação do circuito que envolve a percepção e a produção da fala numa abordagem dinâmica (Madureira, Barzaghi e Mendes, 2002; Pessoa et al., 2010).

Os dados do presente estudo ressaltam a importância da composição de banco de dados com base em *corpus* de fala cuja coleta se dá em situação terapêutica, em caráter longitudinal. Destaca-se também que pesquisas utilizando sujeitos ouvintes como referência e estudos que façam análises intersujeitos contribuam para as pesquisas que visam na definição de marcos de desenvolvimento de linguagem na fala com e sem alterações, no manejo das estratégias terapêuticas (implementação e/ou adaptação) e na definição de indicadores e balizadores de terapia aos sujeitos com DA usuários de dispositivos eletrônicos para a audição.

## 5. Conclusão e considerações finais

A leitura de dados adotada neste estudo permitiu apontar vários níveis de interação entre ajustes do trato vocal (extensão de movimentos de lábios, língua e mandíbula, associados àqueles da esfera velofaríngea) e ajustes de tensão muscular (laríngea), além dos elementos de dinâmica vocal (*pitch* habitual e taxa de elocução) da fala de uma criança usuária de IC no intervalo de um ano de processo terapêutico. Tal conjunto de informações permitiu caracterizar sua

evolução, especialmente em termos das descrições com base na análise perceptivo-auditiva foneticamente motivada da qualidade e da dinâmica vocal.

Do ponto de vista acústico, a diferenciação das etapas de evolução ocorreu especialmente em função da distribuição das medidas de  $f_0$  e de declínio espectral, as quais encontram respaldo nas descrições de base perceptiva.

As mobilizações registradas parecem indicar progressiva habilidade em termos do refinamento das produções articulatórias, as quais sinalizam prováveis estratégias na tentativa de atingir os alvos acústico-articulatórios. Tais combinações acentuam a importância do aprofundamento das descrições das relações entre prosódia e segmento.

A evolução dos ajustes de qualidade vocal e de elementos da dinâmica vocal descritos denotaram marcos em termos da estruturação dos elementos prosódicos, a qual repercute no conhecimento do processo de aquisição de linguagem por usuários de IC. Tal detalhamento pode influenciar positivamente a intervenção terapêutica.

### AGRADECIMENTOS

Prof. Dr Plínio Barbosa, pela autorização para uso do *Script SG Expression Evaluator*.

Profa. Dra Sandra Madureira, pelos ensinamentos e por incentivo à discussão de tópicos referentes à percepção e produção da fala.

Prof. Dr Luiz Carlos Rusilo e Profa. Dra Yara Pisanelli Gustavo de Castro, pela assessoria estatística.

### REFERÊNCIAS

1. Abberton E. Voice Quality of deaf speakers. In: Kent RD, Ball MJ. Voice Quality Measurement. San Diego: Singular, 2000. 22: 449-59.
2. Albano E, Barbosa P, Gama-Rossi A, Madureira S, Silva A. A interface fonética-fonologia e a interação prosódia-segmentos. In: Estudos Linguísticos XXVII - Anais do XLV Seminário do Grupo de Estudos Linguísticos do Estado de São Paulo-GEL'97. Campinas, 1997. p.135-43.
3. Andrade DV. Análise de parâmetros espectrais clássicos da voz em crianças respiradoras orais de 5 a 10 anos. [Dissertação de Mestrado]. Rio de Janeiro: Universidade Veiga de Almeida; 2009.
4. Andrade, FV. Análise de parâmetros espectrais da voz em crianças saudáveis de 4 a 8 anos. 2009. 72p. Dissertação (Mestrado em Fonoaudiologia) – Faculdade de Fonoaudiologia, Universidade Veiga de Almeida, Rio de Janeiro.
5. Barbosa PA. Incursões em torno do ritmo da fala. Campinas: Pontes/FAPESP, 2006.
6. Barbosa PA. From Syntax to acoustic duration: a dynamical model of speech rhythm production. Oxford: Speech Communication, 2007 Sept. 49(9): 725-42.
7. Barbosa PA. Detecting changes in speech expressiveness in participants of a radio program In: Proceedings of Interspeech. Brighton; 2009. p. 2155-58.
8. Barzaghi-Ficker L. Produção e percepção das plosivas do português brasileiro: estudo fonético-acústico da fala de um sujeito com deficiência auditiva [teses de doutorado]. São Paulo: PUCSP; 2003.
9. Benninguer, MS. Quality of the Voice Literature: What is There and What is Missing. Journal of Voice 2011 Nov; 25(6): 647-52.
10. Bento RF; Brito Neto RV; Castilho AM; Gomez MVSG; Santanna SBG; Guedes MC et al. Psychoacoustic dynamic range and cochlear implant speech performance in Nucleus 22 users. Cochlear Implants International 2005 Mar; 6(1): 31-34.
11. Boothroyd A. Speech acoustics and speech perception. Texas: Pro-Ed Studies in Communication Disorders, 1986.
12. Camargo ZA, Madureira S. Avaliação vocal sob a perspectiva fonética: investigação preliminar. São Paulo: Distúrbios da Comunicação, 2008 Abr. 20(1): 77-96.

13. Camargo Z, Madureira S. Dimensões perceptivas das alterações de qualidade vocal e suas correlações aos planos da acústica e da fisiologia. *DELTA - Documentação de Estudos em Linguística Teórica e Aplicada* PUCSP, 2009. 25(2): 285-317.
14. Camargo Z; Vilarim G, Cukier S. Parâmetros perceptivo-auditivos e acústicos de longo termo da qualidade vocal de indivíduos disfônicos. *Revista CEFAC*, 2004 Abr-Jun. 6(2): 189-196.
15. Cukier S; Camargo Z. Abordagem da qualidade vocal em um falante com deficiência auditiva: aspectos acústicos relevantes do sinal de fala. *Revista CEFAC*, 2005 Jan-Mar. 7(1): 93-101.
16. Evans MK; Deliyski DD. Acoustic Voice Analysis of Prelingually Deaf Adults Before and After Cochlear Implantation. *Journal of Voice* 2007 Nov; 21(6): 669-82.
17. Fabry D. Creating the Evidence: Lessons from Cochlear Implants. *J Am Acad Audiol* 2005 Nov. 16(7): 515-22.
18. Fourcin A, Abberton E. Hearing and phonetic criteria in voice measurement: Clinical applications. *London: Log Phon Voc*, 2008 Jan. 33(1): 35-48.
19. Fujimura O, Hirano M. *Vocal fold physiology*. San Diego: Singular, 1995.
20. Giusti MC, Padovani MMP, Behlau M; Granato L. A voz da criança deficiente auditiva. *Rev Bras Otorrinol*, 2001 Jan-Fev. 67(1): 29-35.
21. Gregio FN, Gama-Rossi A, Madureira S, Camargo Z. Modelos teóricos de produção e percepção da fala como um sistema dinâmico. *Revista CEFAC* 2006 Abr-Jun; 8(2): 244-47.
22. Hammaberg B, Gauffin J. Perceptual and acoustics characteristics of quality differences in pathological voices as related to physiological aspects. In: Fujimura O, Hirano M. *Vocal fold physiology*. San Diego: Singular, 1995. 283-303.
23. Hirst D. The analysis by synthesis of speech melody: from data to models. *Journal of Speech Sciences*; 2011. 1(1): 55-83.
24. Laver J. *The phonetic description of voice quality*. Cambridge: Cambridge University Press, 1980.
25. Laver J. Phonetic evaluation of voice quality. In: Kent RD, Ball MJ. *Voice quality measurement*. Singular, 2000. 37-48.
26. Laver J, Wirz SL, Mackenzie-Beck J, Hiller SM. A perceptual protocol for the analysis of vocal profiles. *Edinburgh University Department of Linguistics Work in Progress*, 1981.14: 139-155.
27. Laver, J, Mackenzie-Beck, J. *Vocal Profile Analysis scheme-VPAS*. Edinburgh: QMUC, Speech Science Research Centre; 2007.
28. Lindblom B. Explaining phonetic variation: a sketch of the H & H theory. In W. Hardcastle & A. Marchal (eds.) *Speech Production and Speech Modelling*. Dordrecht: Kluwer, 1990.
29. Mackenzie-Beck J. Perceptual analysis of voice quality: the place of vocal profile analysis. In: Hardcastle WJ & Mackenzie-Beck J. *A figure of speech: a festschrift for John Laver*. Mahwah: Lawrence Erlbrum Associates, 2005. p.285-322.
30. Madureira S; Barzaghi L; Mendes B. Voicing contrasts and the deaf: production and perception issues. In: Windsor F; Kelly ML; Hewlett N. (Org.). *Investigation in Clinical Phonetics and Linguistics*. LEA 2002; 1:417-28.
31. Magri AM, Cukier-Blaj S, Fraga e Karman D; Camargo Z. Correlatos perceptivos e acústicos dos ajustes supraglóticos na disфонia. *Revista CEFAC* 2007 Out-Dez; 9(4): 512-18.
32. Mendes BCA. *Estudo fonético acústico das vogais do português brasileiro: dados da produção e percepção de fala de um sujeito deficiente auditivo [tese de doutorado]*. São Paulo: PUCSP; 2003.
33. Moeller MP. Current State of Knowledge: Psychosocial Development in Children with Hearing Impairment. *Ear & Hearing* 2007 Dez. 28(6): 729-39.
34. Moret ALM; Bevilacqua MC; Costa-Filho OA. Implante coclear: audição e linguagem em crianças deficientes auditivas Pré-linguais. *Pró-Fono* 2007 Jul-Set; 19(3):295-304.
35. Novaes BCAC; Mendes BC. *Habilitação Auditiva: Intervenção em Bebês e Crianças*. In: Silvio Caldas Neto; João Ferreira de Mello Júnior; Regina Helena Garcia Martins; Sady Selaimen da Costa. (Org.). *Tratado de Otorrinolaringologia - Aborlccf*. 2 ed. São Paulo: Edit Roca; 2011. p. 371-80.



36. Peralta JS, Camargo Z, Mendes BCA. Investigação da Qualidade Vocal de Crianças Deficientes Auditivas. In: Soc Bras Fonoaudiol (Sul Esp – Anais do XIV Congresso Brasileiro de Fonoaudiologia). SBFa: Salvador, 2006.
37. Pereira LCK. A percepção de plosivas alveolares na produção de um sujeito com deficiência auditiva: um estudo fonético acústico [dissertação de mestrado] São Paulo: PUCSP; 2007.
38. Pessoa AN. Percepção e produção de sons da fala em uma criança com deficiência auditiva em terapia fonoaudiológica. [dissertação de mestrado] São Paulo: PUCSP; 2008.
39. Pessoa AN, Novaes BCAC, Mendes BC, Camargo ZA. Voice Quality and Dynamics Of Child-Cochlear Implant User During Therapy Session. In: XXXth International Congress of Audiology (ICA 2010) & 25 Encontro Internacional de Audiologia (EIA). São Paulo: ABA; 2010. p. 83.
40. Pessoa AN, Pereira LK, Novaes B; Camargo Z, Mendes B. Using Acoustic Analysis To Follow-Up The Language Development Of A Brazilian Deaf Child With Cochlear Implant. In: Proceedings of 11th International Conference on Cochlear Implants and Other Implantable Auditory Technologies. Stockholm; 2010 Jun 30-Jul 02. p.371.
41. Pratt SR; Schnoor K; Friedman M. Speech Production as a Measure of Hearing Aid Benefit in Infants and Young Children With Hearing Loss. Perspectives on Hearing and Hearing Disorders in Childhood 2007;17:15-20.
42. Ramos S. Análise Prosódica da fala do deficiente auditivo: parâmetros de duração e frequência fundamental. [tese de doutorado]. São Paulo: PUCSP; 2000.
43. Rusilo LC, Madureira S, Camargo Z. Evaluating Speech samples for the Voice Profile Analysis Scheme for Brazilian Portuguese (BP-VPAS). In: Proceedings of the 4rd ISCA Workshop ExLing 2011; May 25-27; ISCA: Paris, 2011. p.51.
44. Scheiner E, Hammerschmidt K, Jurgens U, Zwirner P. Vocal Expression of Emotions in Normally Hearing and Hearing-Impaired Infants. Journal of Voice, 2006 Dec. 20(4): 582-604.
45. Sininger AL;Grimes A; Christensen E. Auditory Development in Early Amplified Children: Factors Influencing Auditory-Based Communication Outcomes in Children With Hearing Loss. Ear & Hearing 2010 Apr; 31(2): 166-85.
46. Stuchi RF; Nascimento LT; Bevilacqua MC; Brito Neto RV. Linguagem oral de crianças com cinco anos de uso do implante coclear. Pró-Fono 2007 Abr-Jun;19(2):167-76.
47. Tobey EA, Geers AE, Brenner CB, Altuna D, Gabbert G. Factors associated with development of speech production skills in children implanted by age five. Ear & Hearing 2003 Feb; 24(1): 36–45.
48. Ubrig MT, Goffi-Gomez MVS, Weber R, Menezes MHM, Nemr NK, Tsuji DH, Tsuji RK. Voice Analysis of Postlingually Deaf Adults Pre- and Postcochlear Implantation. Journal of Voice 2011 Nov; 25(6): 692-99.
49. Xu Y. Speech Prosody: a methodological review. Campinas: Journal of Speech Sciences, 2011. 1(1): 85-115.
50. Xu L, Zhou N, Chen X, Li Y, Schultz H, Zhao H et al. Vocal singing by prelingually-deafened children with cochlear implant. Hearing Research, 2009 Jun. 255: 129–34.
51. Yoshinaga-Itano C. From Screening to Early Identification and Intervention: Discovering Predictors to Successful Outcomes for Children With Significant Hearing Loss. J Deaf Stud Deaf Educ 2003 Winter; 8(1): 11-30.
52. Wirz S. The voice of the Deaf. In: Fawcus M (Edit). Voice Disorders and their Management. Croom Helm:1986.