THAIS PERES VANZELLA

**NORMATIZAÇÃO DOS
PARAMETROS ACÚSTICOS
VOCAIS EM CRIANÇAS EM
IDADE ESCOLAR**

São Carlos

2006

THAIS PERES VANZELLA

**NORMATIZAÇÃO DOS
PARAMETROS ACÚSTICOS
VOCAIS EM CRIANÇAS EM
IDADE ESCOLAR**

**Dissertação de Mestrado apresentada ao
Programa de Pós-Graduação Interunidades em
Bioengenharia (Escola de Engenharia de São
Carlos – Faculdade de Medicina de Ribeirão
Preto – Instituto de Química de São Carlos) da
Universidade de São Paulo como parte dos
requisitos para obtenção do Título de Mestre em
Bioengenharia**

Área de Concentração: Fonoengenharia

Orientador: Prof. Dr. José Carlos Pereira

**São Carlos
2006**

Ficha catalográfica preparada pela Seção de Tratamento
da Informação do Serviço de Biblioteca – EESC/USP

V285n Vanzella, Thais Peres
normatização dos parametros acústicos vocais em
crianças em idade escolar / Thais Peres Vanzella . --
São Carlos, 2006.

Dissertação (Mestrado) -- Escola de Engenharia de
São Carlos/Faculdade de Medicina de Ribeirão
Preto/Instituto de Química de São Carlos-Universidade
de São Paulo, 2006.

Área Interunidades: Bioengenharia.
Orientador: Prof. Dr. José Carlos Pereira.

1. Voz. 2. Crianças. 3. Análise acústica.
4. Disfonia. I. Título.

Por todo amor, confiança e incentivo...
Com todo meu amor, dedico este trabalho
aos meus pais **Valtuir** e **Vergínia**.

À **Tatiana**, minha irmã e amiga,
por ter me dado a honra de partilhar
todos os momentos da minha vida
desde o mesmo ventre.

Ao meu noivo **Adriano**,
pelo amor e compreensão, pela paciência
e por sempre encorajar e compartilhar
os meus sonhos.

Agradecimentos

A **Deus**, meu Senhor, primeiramente pelo dom da vida, pela força oferecida dia-a-dia, pelas oportunidades, pelas graças concedidas, pelas pessoas que cruzaram meu caminho e as que permanecem nele.

Ao Departamento e a Coordenação da Bioengenharia por possibilitarem a realização deste trabalho.

Ao meu orientador **Prof. Dr. José Carlos Pereira** pelo incentivo, infinita paciência, ensinamento, dedicação e tempo dispensados no acompanhamento e orientação deste trabalho. Agradeço também pelos seus valiosos conselhos que só fortaleceram meus objetivos no âmbito profissional e pessoal.

A **Profa. Dra. Aparecida de Cássia Guerra** pela amizade, auxílio e pelas valiosas contribuições ao trabalho.

Ao **Prof. Dr. Ruy Barbosa** pelas importantes sugestões destinadas ao trabalho.

Aos professores do Departamento de Bioengenharia pela amizade, auxílio indispensável nestes anos de convivência.

À **Elaine Trimer Ruggiero**, coordenadora do Projeto Pequeno Cidadão USP por possibilitar a realização deste trabalho, cedendo o espaço e fazendo a “ponte” necessária entre mim, as crianças e seus pais que me acolheu de maneira receptiva.

À **Roberta Reiff**, coordenadora pedagógica do Colégio São Carlos, por permitir minha entrada no seu cotidiano, ceder o espaço necessário e possibilitar meu contato com as crianças e seus pais.

À **Maria Luiza Medalla**, coordenadora pedagógica do Colégio Objetivo Junior pelo apoio, cedendo o espaço para a realização desta pesquisa e por possibilitar meu contato com as crianças e seus pais.

Aos meus amigos **Andrezza, Aveliny, Elton, Ivani**, os amigos do **LIM**, da **Bioengenharia**, pelo convívio diário para alguns e pelas palavras e pensamentos dos mais distantes fisicamente.

À **Maria Eugênia Dajer**, pelo presente de todos os dias, seus sorrisos, suas palavras, sua amizade.

À **Silvia Dias Pinto**, obrigada pela partilha nesse 1 ano de convívio diário, encontrar você naquele mural não foi coincidência.

À **Dáphine, Mariana e Maria Angélica**, minhas irmãs de profissão e de república, que mesmo com a grande distância estão sempre presentes na minha vida.

Aos **pais e responsáveis pelas crianças** as quais participaram deste trabalho, obrigada pela permissão e conseqüente contribuição à pesquisa.

Às **crianças** que participaram deste trabalho, pela paciência e vontade de colaborar.

À **FAPESP** pelo suporte financeiro deste trabalho que foi registrado pelo número 04/04881-2.

“É necessário que paremos para “escutar” a mensagem não-verbal que as crianças estão transmitindo através da voz. Tentar compreender tais manifestações vocais já nos coloca no caminho certo para poder ajudá-las.”

Sandra Martins

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Aparato Vocal	02
Figura 2	Trato vocal infantil	04
Figura 3	Estrutura Laringea Imatura comparada a Madura	06
Figura 4	Ciclo glótico	08
Figura 5	Nódulo Vocal	17
Figura 6	Ciclo glótico com prega vocal contendo patologia	19
Figura 7	Oscilograma e Espectrograma	21
Figura 8	Espectro de voz	25
Figura 9	Audiograma de indivíduos com audição normal e com perda auditiva	29
Figura 10	Tela do programa Análise de Voz	47
Figura 11	Parâmetros acústicos da voz	49
Figura 12	Análise espectrográfica da voz	49
Figura 13	Distribuição simétrica	50
Figura 14	Assimetria à direita (ou positiva)	51
Figura 15	Assimetria à esquerda (ou negativa)	51
Figura 16	Grau de Achatamento: Mesocúrtica ou Mesocurtose	52
Figura 17	Grau de Achatamento: Platicúrtica ou Platocurtose	52
Figura 18	Grau de Achatamento: Leptocúrtica ou Leptocurtose	52
Figura 19	Histograma da F0 de ambos os gêneros	55
Figura 20	Histograma da F0 dos meninos	55
Figura 21	Histograma da F0 das meninas	55
Figura 22	Histograma do <i>jitter</i> de ambos os gêneros	58
Figura 23	Histograma do <i>jitter</i> meninos	58
Figura 24	Histograma do <i>jitter</i> meninas	58
Figura 25	Histograma do <i>shimmer</i> de ambos os gêneros	60
Figura 26	Histograma do <i>shimmer</i> dos meninos	60
Figura 27	Histograma do <i>shimmer</i> das meninas	60
Figura 28	Histograma do SFR de ambos os gêneros	63
Figura 29	Histograma do SFR dos meninos	63
Figura 30	Histograma do SFR das meninas	63

Figura 31	Histograma do SFF de ambos os gêneros	66
Figura 32	Histograma do SFF dos meninos	66
Figura 33	Histograma do SFF das meninas	66
Figura 34	Histograma do PA de ambos os gêneros	69
Figura 35	Histograma do PA das meninas	69
Figura 36	Histograma do PA dos meninos	69
Figura 37	Histograma do EX de ambos os gêneros	72
Figura 38	Histograma do EX dos meninos	72
Figura 39	Histograma do EX das meninas	72

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Parâmetros Acústicos da Voz	48
Tabela 2	Resultados estatísticos da F0 meninos, meninas e em ambos os gêneros, respectivamente.	56
Tabela 3	Resultados estatísticos do <i>Shimmer</i> para meninos, meninas e em ambos os gêneros, respectivamente.	61
Tabela 4	Resultados estatísticos do SFR para meninos, meninas e em ambos os gêneros, respectivamente.	64
Tabela 5	Resultados estatísticos do SFF para meninos, meninas e em ambos os gêneros, respectivamente.	67
Tabela 6	Resultados estatísticos do PA para meninos, meninas e em ambos os gêneros, respectivamente.	70
Tabela 7	Resultados estatísticos do EX para meninos, meninas e em ambos os gêneros, respectivamente.	73
Tabela 8	Resultados dos Parâmetros Acústicos das vozes das crianças, jovens e idosos de ambos os gêneros, feita no Programa Análise de Voz	75

LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

$\bar{x}$	Média Estimada
α	Nível de significância do teste estatístico
APQ	Quociente de Perturbação de Amplitude
FAPESP	Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo
dB	Decibels
DP	Desvio Padrão
EESC	Escola de Engenharia de São Carlos
EX	Coeficiente de excesso
F0	Frequência fundamental
FFT	(<i>Fast Fourier Transform</i>) - Transformada Rápida de Fourier
Gl	Grau de Liberdade
HNR	Razão harmônico-ruído
Hz	Hertz
LIM	Laboratório de Instrumentação Microeletrônica
Md	Média
Mo	Moda
PA	Amplitude do pitch (índice de vocalização)
PPVV	Pregas vocais
RAP	Perturbação Média Relativa
SFF	Suavidade Espectral do Filtro
SFR	Suavidade Espectral do Resíduo
t_c	T crítico
USP	Universidade de São Paulo

SUMÁRIO

RESUMO

INTRODUÇÃO	1
1- LEVANTAMENTO BIBLIOGRÁFICO	1
1.1- VOZ E INFÂNCIA: MUDANÇAS ANATÔMICAS, FISIOLÓGICAS E ACÚSTICAS	1
1.2 -DISFONIAS INFANTIS: INCIDÊNCIA E TRATAMENTO	13
1.3- ANÁLISE ACÚSTICA DE VOZ HUMANA E SUA IMPORTÂNCIA NA FONOAUDIOLOGIA	20
1.4 -TÉCNICAS ACÚSTICAS PARA A ANÁLISE DO SINAL DE VOZ	30
1.4.1- Parâmetros acústicos da voz	32
1.4.1.1- Parâmetros acústicos no domínio do tempo	32
1.4.1.2 - Parâmetros acústicos no domínio da frequência	39
2- OBJETIVOS	44
3- MATERIAL E MÉTODO	45
3.1 Casuística	45
3.2 Procedimentos	45
3.3 Descrição do Instrumento	46
3.4 Forma de análise dos dados – Procedimentos Estatísticos	50
4- RESULTADOS	53
4.1 Quanto à Avaliação Perceptivo-Auditiva	53
4.2 Quanto aos Parâmetros Acústicos	53
Frequência Fundamental	54
<i>Jitter</i>	57
<i>Shimmer</i>	59
Suavidade Espectral do Resíduo	62
Suavidade Espectral do Filtro	65
Amplitude do <i>Pitch</i>	68
Coeficiente de Excesso	71
5- DISCUSSÃO	74
5.1 Quanto à avaliação perceptivo-auditiva	74
5.1 Quanto aos parâmetros acústicos	75

Frequência Fundamental	76
<i>Jitter</i>	77
<i>Shimmer</i>	79
Suavidade Espectral do Resíduo	81
Suavidade Espectral do Filtro	82
Amplitude do <i>Pitch</i>	83
Coeficiente de Excesso	84
6- CONCLUSÃO	86
7- REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	89
ANEXOS	
Carta de Informação ao Paciente	
Termo de Esclarecido Livre e Esclarecido	
Roteiro de Entrevista	

RESUMO

A voz é uma das formas mais diretas de expressão da nossa personalidade, sentimentos, desejos e estado de espírito. Pode-se observar em relação à criança, que o uso da voz ocorre de maneira mais intensa, justificável até pelo fato, que a todo instante as descobertas acontecem e a necessidade de exteriorizar todo esse conhecimento sucede-se através do uso voraz da voz. A laringe infantil é de configuração cônica, com cartilagens delicadas e ligamentos frouxos; os tecidos epiteliais são densos, abundantes e mais vascularizados, com tendência a edema e obstrução. Em função de suas características, a laringe infantil é um excelente instrumento de respiração, deglutição e proteção de vias aéreas superiores, porém, não para a fonação devido à sua dimensão vertical encurtada, reduzida capacidade de ressonância e possibilidade de movimentação restrita. A análise acústica da voz humana tem sido de grande importância principalmente por ser uma medida objetiva, contribuindo objetivamente na compreensão do mecanismo fisiológico do aparato vocal. Os objetivos deste estudo são: estabelecer um perfil acústico da voz mais abrangente que os apresentados na literatura atual; verificar a correlação entre os parâmetros acústicos da voz e estudar a correlação dos parâmetros acústicos da voz com a utilização da voz pelas crianças nas atividades diárias. Foram convidadas 182 crianças de escolas públicas e particulares da cidade de São Carlos – SP. Os participantes foram de ambos os gêneros com uma faixa etária de 7 a 10 anos de idade. O protocolo de gravação das vozes foi realizado a partir da gravação da vogal sustentada /a/ em tom e intensidade adequada, com duração de até 5 segundos em ambiente silencioso e diretamente no programa “Análise de Voz 5.0”. Os parâmetros acústicos analisados foram: frequência fundamental (F0), *jitter*; *shimmer*; nivelamento espectral de resíduos (SFR), nivelamento de filtro (SFF); amplitude de pitch (PA); coeficiente de excesso (EX). Os achados mostraram: a média dos valores de F0 foi 237,15 Hz; o valor médio de *jitter* foi de 1,21%; o valor médio de *shimmer* foi de 7,01%; a média dos valores de SFR foi -9,53 dB; o SFF foi -11,09 dB; a média de PA encontrada nessa amostra foi 0,55 e a média do EX foi 7,46 dB. Foram sugeridos limiares mais pertinentes a voz infantil no programa utilizado (Análise de Voz 5.0) e são eles os valores: *jitter* = 1%; *shimmer* = 8%; SFR = - 6dB; SFF = -10dB; PA = 0,3; EX = 2,0dB. Dos limiares propostos temos que *shimmer*, PA e EX são idênticos aos limiares para adultos. Já o *jitter* e os parâmetros relacionados à suavidade espectral, SFR e SFF, variaram demonstrando as diferenças fisiológicas das crianças em relação aos adultos. Os resultados deste estudo trazem importantes implicações para conhecer a voz infantil de maneira mais profunda, ajudar na elaboração de programas de prevenção e tratamento da voz e disfonias infantis, além de levantar padrões de normalidade dessa população.

Palavras- chaves: Voz – Crianças – Análise Acústica – Disfonia .

ABSTRACT

The voice is one of the most direct expressions of our personality and feelings. In the childhood the use of voice is intense mainly by their need to exteriorize the knowledge acquired in a so rapidly manner. The child larynx has a conic shape with tiny cartilages and loose ligaments. The epithelial tissues are dense, abundants and more vascularized, which can cause edemas and obstruction. Considering its characteristics, a child larynx is an excellent tool for breathing, swallowing and for protection of superior aerial via, however its not well adapted for phonation due to its short vertical dimension, small resonance capability and restricted vertical movement. The acoustic analysis of the human voice has been quite useful to quantify acoustic parameters of voice as well as in the studies of physiological mechanism of voice apparatus. The aim of this work is to establish a larger acoustic profile of children's voice, during natural daily activities, compared to the actual literature. One hundred and eighty two voice signal samples of sustained vowel /a/ from Brazilian Portuguese, in normal conversation level, were acquired from children at public and particular schools of São Carlos city, both male and female, ranging in age from 07 to 10 years old. Voice signals were recorded at 22,05 KHz sampling rate during 5 seconds and digitalized in a personal computer through "*Análise de Voz 5.0*" software. The acoustic parameters evaluated were: fundamental frequency (F0), jitter; shimmer; spectral flatness of the residue (SFR); spectral flatness of the filter (SFF); pitch amplitude (PA) and excess coefficient (EX). The results show the following mean values: F0 = 237,15 Hz; jitter = 1.21%; shimmer = 7.01%; SFR = -9.53 dB; SFF = -11.09 dB; PA = 0.55 and EX = 7.46 dB. The suggested thresholds values for this age are: jitter = 1%; shimmer = 8%; SFR = -6 dB; SFF = - 6 dB; PA = 0.3 and EX = 2.0 dB. From these proposed values, three of them agree with normal adult thresholds, namely shimmer, PA and EX. The jitter and spectral flatness parameters, SFR and SFF, varied showing the physiological differences between children and adults. The results found here bring some important knowledge about children's voices and would be useful in voice therapy and could provide programs to prevent voice dysfunction. Another important result is the establishment of acoustic profile of the children voices.

Keywords: Voice – Children – Acoustic Analysis – Disfonia.

LEVANTAMENTO BIBLIOGRÁFICO

INTRODUÇÃO

A análise acústica da voz é uma importante ferramenta no auxílio a diagnósticos e tratamentos da voz humana. A infância traz mudanças anatômo-fisiológicas constantes, o que torna imprescindível o estudo da voz nessa faixa etária. Esse estudo propõe uma visão mais ampla quanto aos parâmetros acústicos vocais, onde são expostas mensurações inéditas da voz de escolares, o que implica em uma investigação mais profunda e assim, um maior conhecimento da realidade dessa população.

1. Levantamento Bibliográfico

1.1 – Voz e infância: mudanças anatômicas, fisiológicas e acústicas.

A voz é considerada como um dos principais instrumentos da comunicação humana. Resulta de uma complexa seqüência de movimentos comandados pelo controle volitivo do homem (ZAFFARI, FEIJÓ, SCALCO, 1999). Sua produção se faz através do movimento coordenado do ar expiratório e a musculatura intrínseca da laringe. O ar expirado passa pelas pregas vocais que, em vibração, produzem um som com características intrínsecas do aparato vocal do indivíduo. Esse som é modulado e modificado ao passar pelas cavidades de ressonância, tais como: cavidade nasal, cavidade oral, língua, lábios, bochechas, palato duro, úvula e dentes. O mecanismo de fonação é um ato complexo que envolve a interação, ativação e controle de diversos músculos e estruturas do sistema nervoso. Envolve, assim aspectos anatômicos do corpo humano que, via de regra, estão sujeitos a mudanças decorrentes do próprio tempo (Figura 1). (KENT, 1993; BOONE,

McFARLANE, 1994; COLTON, CASPER, 1996; ARAÚJO, 1999; BEHLAU, 2001; ANDRADE et al., 2002).

Figura 1. Aparato Vocal. Fonte - Ilustração modificada de <http://www.voiceproblem.org/glossary/images>

A fonação é uma função adaptativa da laringe, já que esta não foi constituída para tal fim, tendo como função principal a comutação entre respiração e deglutição (NEMETZ et al., 2005).

A onda sonora, neste caso, a voz, possui três qualidades físicas:

- a) **a altura vocal ou frequência fundamental (hertz – Hz)** relacionada à frequência de vibração das pregas vocais.
- b) **a intensidade vocal ou amplitude (decibel – dB)** que depende da pressão sonora.
- c) **o timbre** que é a qualidade fornecida pela extensão harmônica do som.

Todas as qualidades do som decorrem, em parte, das características da fonte sonora que a produziu (FUKUYAMA, 2001).

A voz humana pode ser estudada em diversas etapas da vida: infância, puberdade, fase adulta e senescência. Essa diferenciação se deve as modificações que ocorrem ao longo do tempo nas estruturas que produzem a voz (ANDRADE, 2003; SANTOS, 2005).

É por meio de balbucios e sons guturais que o recém-nascido começa a comunicar-se com seus familiares, o choro ao nascimento é uma manifestação vocal de extrema importância e tem uma intenção comunicativa. Apesar do trato vocal infantil não ser um instrumento sonoro ideal, os estudos com bebês indicam uso diferencial da voz. Ao passar o tempo a voz da criança vai desenvolver-se e adquirir características distintas: um tom agudo e geralmente de intensidade elevada. (BEHLAU, 1991; STEMPLER, 1996; BELHAU et al, 2001).

O desenvolvimento da voz começa na 3ª semana de vida intra-uterina quando surge a laringe, num prolongamento da faringe e ao 3º mês de gestação suas características são as mesmas encontradas ao nascimento. O crescimento do trato vocal do bebê e as alterações geométricas deste tubo ocorrerão após o nascimento. Não se pode afirmar que a estrutura vocal do bebê corresponde a uma miniatura do adulto, pois são diferentes tanto na forma como no tamanho (PINHO, 1998; FREITAS et al., 2000; BEHLAU, PONTES, 2001).

A laringe infantil é de configuração cônica, com cartilagens delicadas e ligamentos frouxos; os tecidos epiteliais são densos, abundantes e mais vascularizados, com tendência a edema e obstrução. Em função de suas características, a laringe infantil é um excelente instrumento de respiração, deglutição e proteção de vias aéreas superiores, porém, não é um bom instrumento para a fonação devido à sua dimensão vertical encurtada, reduzida

capacidade de ressonância e possibilidade de movimentação restrita (Figura 2) (KYRILLOS, 1995).

Figura 2: Trato vocal infantil – Fonte - <http://images.google.com.br/images?q=laringe&svnum=10&hl=pt-BR&lr=&start=80&sa=N>

Para Behlau, Pontes (1995), algumas dessas diferenças resultam até mesmo em vulnerabilidade a quadros de alteração, podendo ser citadas: a flexibilidade das cartilagens, os ligamentos mais frouxos, tecidos epiteliais das pregas vocais mais densos, abundantes e vascularizados, menor extensão da proporção vibrátil das pregas vocais e pobre qualidade fonatória devido a constituição do trato vocal. Ainda em relação às características anatômicas e fisiológicas, Behlau et al (2001) descrevem qual seria o padrão vocal esperado na infância: frequência fundamental acima de 250 Hz, *pitch* agudo, intensidade moderada a elevada, *loudness* tendendo a elevada, extensão vocal reduzida, ataque vocal brusco, padrão vocal respiratório superior e tempos máximos de fonação abaixo de 12 segundos. A qualidade vocal esperada seria delgada, ou seja, com pouca projeção. Podem ser observadas

discreta nasalidade e rouquidão, além de sopro, uma vez que é comum a criança apresentar fenda glótica.

Uma das características que distinguem a anatomia da laringe é encontrada na proporção membranosa versus a estrutura cartilaginosa que está presente. O osso hióide na laringe imatura assume uma posição anatômica mais baixa e sobrepõe a cartilagem tireóidea. Além disso, não há proeminência vertical na cartilagem tireóidea. Essa proeminência ocorre com mudanças consideráveis no comprimento das pregas vocais (entre 10 e 14 anos). Diferenças histológicas também existem na estrutura das pregas vocais das crianças e adultos. A mucosa da prega vocal é mais fina em recém-nascidos e crianças mais jovens, com a relação entre a espessura da mucosa e espessura da porção membranosa maior na prega vocal infantil quando comparado com a estrutura adulta. Além disso, as camadas internas das pregas vocais não são diferenciadas nos recém-nascidos e em crianças novas; a lamina própria é muito uniforme na estrutura. Nos adultos, há uma diferença clara entre as camadas superficial, intermediária e profunda da lamina própria. As estruturas cartilagosas de uma laringe imatura revelam uma epiglote flexível e mole, e proporcionalmente aritenóides maiores que nos adultos. As aritenóides maiores, a forma da epiglote (omega), assim como as ariepiglotes maiores podem escurecer a visão das pregas vocais verdadeiras durante um exame laringoscópico. Em crianças, há uma inserção mais anterior das pregas vocais dentro do processo vocal das aritenóides. De novo, a endoscopia constata aritenóides proporcionalmente maiores quando comparada com as outras estruturas laríngeas. Do mesmo modo, as pregas vocais de crianças também têm uma inclinação descendente do posterior para anterior, que é uma característica que não é

encontrada na laringe adulta. A glote da criança tem aproximadamente 50% do comprimento da adulta (SAPIENZA, RUDY, BAKER, 2004).

Figura 3 – Estrutura Laringea Imatura comparada a Madura. Fonte Modificada: Sapienza et al (2004) *apud The Pediatric Larynx* (p. 29), by R. Eavey in *The Larynx: A Multidisciplinary Approach*, by M. Fried, 1996, St. Louis, MO: Mosby.

Não existem diferenças perceptíveis da laringe de lactentes e crianças com relação ao sexo, o que reflete na semelhança da voz nessas faixas etárias. A diferença no comprimento das pregas vocais é pequena até os dez anos (ZEMPLIN, 2000).

Existem mecanismos básicos são determinantes no processo de fonação, pois a emissão do som pela laringe exige a presença e a ação de princípios biofísicos e fisiológicos. Douglas (2002) resumiu os seguintes mecanismos básicos determinantes da fonação:

- determinação de um fluxo expiratório do pulmão (força aerodinâmica);
- interposição de um órgão adequado para modificar vibratoriamente o fluxo aéreo (laringe);
- formação do som fundamental: fenômenos biofísicos (interação aerodinâmica - mioelástica);
- capacidade da laringe introduzir modificações adaptativas da onda sonora (falseto e vibrato).

De acordo com Douglas (2002) o estabelecimento da fonação propriamente dita estaria fundamentada na geração do som fundamental, pois está diretamente relacionada com a vibração das pregas vocais. A intensidade, por exemplo, pode ser alterada com o controle adequado da amplitude de oscilação das pregas vocais. A Figura 4 mostra um ciclo característico da vibração das pregas vocais delineando a fase de abertura, a fase de fechamento, bem como a diferença de fase vertical.

Figura 4 - Fonte - http://www.voiceproblem.org/glossary/images_02.asp

Na posição fechada mantida pelo músculo, a camada vibratória da prega vocal abre e fecha em um ciclo, acontecendo quando uma coluna da pressão de ar vem dos pulmões e passa através das ppvv. Este abrir e fechar são requisitados e produzidos muito rápido pela coluna de pressão de ar originando a onda mucosa. A borda mais baixa abre primeiramente (2-3) seguido pela borda superior que deixa assim o ar correr através das ppvv(4-6). A coluna de ar que passa através cria "um efeito Bernouli" que causa um colapamento da parte mais baixa da ppvv (7-9) até chegar na parte de cima. Os "sopros de ar" (10) são convertidos em som que é transformado então na voz pelos ressoadores do trato vocal.

Segundo Azevedo (2004) a frequência de um som glótico depende de vários fatores.

A vibração da mucosa poderá ser mais acelerada ou mais lenta, dependendo da quantidade de massa, tensão e tamanho da prega vocal. Quanto mais rapidamente a mucosa vibra, mais ciclos cabem em 1 s, portanto mais aguda a emissão. Por outro lado, quanto mais lentamente vibra a mucosa, menos ciclos cabem em 1 s, ou seja, mais grave será a emissão. Na produção de frequências mais agudas, há contração do músculo cricotireóideo, que alonga as pregas vocais. As emissões mais graves ocorrem a partir da contração do músculo tireoaritenóideo que faz com haja mais mucosa solta vibrando. A frequência emitida depende do tamanho das pregas vocais que também está relacionada à angulação da cartilagem tireóidea. Em homens a angulação é cerca de 90°, gerando pregas vocais mais

longas do que nas mulheres (120°). A posição da laringe no pescoço também é um fator que contribui para uma voz mais grave ou aguda. Uma laringe mais alta contribui para amplificação de harmônicos mais agudos. Ao abaixar esta laringe é possível ouvir uma voz mais grave, já que o aumento do tubo de amplificação do som contribuirá para a amplificação de harmônicos mais graves.

A espessura da mucosa da prega vocal no recém-nascido é cerca de $1/3$ de seu comprimento. Apesar de essa espessura aumentar com a idade, no adulto é de apenas $1/10$ do comprimento. Portanto, a criança apresenta uma prega vocal relativamente espessa em relação ao seu curto comprimento. Além disso, as camadas da lâmina própria só assumem sua completa diferenciação a partir da puberdade (HERSAN, 1998).

O desenvolvimento vocal infantil evolui semelhantemente em um e outro sexo até a pré-adolescência, num período em que começam a ocorrer alterações no tipo de voz denominadas muda vocal ou mutação vocal fisiológica. A partir desta fase, a laringe, que antes era infantil, passa a ser adulta (ANDREWS, 1998).

O estudo da voz pode ter um enfoque acústico, e quanto a este aspecto muitos estudos tem sido realizados com a frequência fundamental de voz. A frequência da voz (F_0) indica o numero de ciclos do pulso glotal que ocorrem por segundo, quanto maior o número de ciclos glóticos, mais agudo será o tom da voz e quanto menor este número produz-se uma voz com tom grave.

Smits et al.(2005) definem a frequência fundamental (F_0) como sendo a frequência mais baixa da onda e a denomina de primeira frequência harmônica.

A frequência fundamental da voz (F_0) varia por toda a vida, de acordo com a idade e o sexo, já que as próprias estruturas laríngeas são diferentes na infância, idade adulta e senescência (ARONSON, 1990; BOONE, 1994; MORTARI, 1990; SILVA, DE BIASE, 2000; BEHLAU, 2001). Inicialmente bastante aguda nos bebês recém-nascidos (440 Hz), vai lentamente decrescendo, e aos 3 anos de idade situa-se ao redor de 320 Hz, até a pré-adolescência, quando encontramos valores médios em torno de 290 Hz.

Marinho et al (2003) encontraram em seu estudo sobre frequência fundamental antes e depois do intervalo escolar com 28 pré-escolares de 5 e 6 anos de idade e ambos os gêneros, a média de 263,07 Hz para as meninas e 266,21 Hz para os meninos, sendo esta a medida encontrada antes do intervalo escolar.

Segundo Dedivitis e Barros (2002), no Brasil os valores de referência utilizados para homens é de 80 a 150 Hz, 150 a 250 Hz para mulheres e acima de 250 Hz para crianças.

Mortari (1990) fez uma análise instrumental da F_0 de crianças e adolescentes e, quando comparou as frequências fundamentais entre ambos os gêneros das crianças de 7 a 12 anos de idade na emissão da vogal /a/, observou que os valores obtidos entre os gêneros nessas faixas etárias foram semelhantes. Ao determinar as diferenças da F_0 entre as idades, obteve valores próximos de F_0 entre o gênero masculino, porém observou-se existência de

decréscimo da F_0 com a idade. No gênero feminino descreveu não haver variação significativa com o aumento da idade.

Em relação ao *jitter* e *shimmer*, que são dois parâmetros acústicos de perturbação do sinal de voz bastante investigado em vozes infantis, ainda não há uma normatização proposta na literatura. Behlau, Pontes, Tosi (1985) realizaram um estudo com 30 crianças paulistas com vozes normais, de 8 a 12 anos e verificaram que apresentaram valores baixos de *jitter* (2,3%) e o *shimmer* com valor de 2,5%.

Smits et al. (2005) definem o *jitter* absoluto como uma variável de curto-tempo (ciclo-a-ciclo) na frequência fundamental. O *jitter* relativo representa a variável relativa (ciclo-a-ciclo) na frequência fundamental dentro da amostra de voz analisada. O *shimmer* relativo é a variável de curto-termo (ciclo-a-ciclo) na amplitude. *Shimmer* relativo representa a variável relativa (ciclo-a-ciclo) na amplitude da amostra de voz analisada.

Linders et al. (1995) fez a mensuração da frequência fundamental e *jitter* em 71 crianças de ambos os gêneros entre 7 e 15 anos, por meio da eletroglotografia. Verificou que tanto a frequência fundamental quanto o *jitter* não dependem do gênero. A média da frequência fundamental nas meninas foi 244 Hz, e nos meninos 250 Hz. Decresceu conforme aumentou a intensidade. A média do *jitter* nas meninas foi 9,7 e nos meninos 10,3. O *jitter* teve relação negativa com a intensidade, mas não com a idade.

Dejonckere et al.(1996) investigou a média da F_0 em 81 crianças de ambos os gêneros com idade entre 7 e 12 anos, sendo 43 com treinamento vocal e 38 sem

treinamento vocal, e encontrou o valor $227,5 \text{ Hz} \pm 29,3 \text{ Hz}$. A média do valor de *jitter* nessa mesma população foi $4,5 \pm 4,1$. Já quando compararam as médias de F0 e *Jitter* entre os grupos, viram que a média de F0 não obteve valor estatisticamente significante, porém, as médias de *jitter* na população de crianças com treinamento vocal foi $3,0 \pm 1,5$ e as crianças não treinadas vocalmente $5,9 \pm 5,2$. Os pesquisadores atribuem esse resultado ao fato de que as crianças com treinamento vocal tem maior educação e intenso treinamento que as não treinadas.

Steffen, Moschetti (1997) pesquisaram 131 vozes normais e 117 disfônicas encontraram que, tanto em crianças com vozes normais, quanto em disfônicas, na idade de 6 a 10 anos, os valores de *jitter*, na média se encontram baixos e se mantêm dentro do limite de normalidade para adultos (conforme o programa de análise acústica utilizado – Dr Speech). A média dos valores de *shimmer* foi determinada como alterada, em comparação com os valores dos adultos. Neste estudo os pesquisadores compararam os valores de *jitter* e *shimmer* com os valores de normalidade para a população adulta.

Todos os autores, que realizaram pesquisas com os parâmetros acústicos, destacaram a necessidade de mais estudos para o real conhecimento destes parâmetros de vozes infantis.

Pode-se observar em relação à criança, que o uso da voz ocorre de maneira mais intensa, justificável até pelo fato, que a todo instante as descobertas acontecem e a

necessidade de exteriorizar todo esse conhecimento sucede-se através do uso voraz da voz (CAGLIO, GUAICURÚ, MARGALL, 1997).

Observa-se, no entanto, que, desde a infância, os indivíduos vêm-se confrontados com modificações provenientes do descuido ou hábitos vocais extremamente prejudiciais. Notadamente na pré-escola, por ser o período em que inicia um maior contato social e se expõe ao mundo, a criança emprega a voz como principal meio de expandir-se, utilizando-a, freqüentemente, de maneira exacerbada (MARINHO et al., 2003).

Por esta razão estudar a voz infantil se faz tão necessário, buscando compreender todos os seus aspectos.

1.2 – Disfonias infantis: incidência e tratamento fonoaudiológico.

O termo disfonia é utilizado para definir as alterações que podem ocorrer na qualidade da voz, em qualquer etapa da vida. (STEMPLE, 1996; ARONSON, 1990; SATALLOF, 1997; BEHLAU, 2001; PINHO, 2001).

A disfonia é uma alteração da voz em que uma ou mais características acústicas (frequência, espectro, ou intensidade) excede valores normais reconhecidos (JOTZ et al., 2002).

As alterações vocais infantis apresentam dados significativos, e estudos alertam para a ocorrência de disfonias infantis em crianças com idades cada vez mais inferiores

(ZAFFARI, FEIJÓ, SCALCO, 1999). A disfonia infantil representa um importante desafio aos profissionais que atuam na área de voz (BEHLAU, 2005).

Na infância pode ocorrer abuso da voz que desencadeia as disfonias (problemas vocais). O abuso vocal inclui comportamentos nocivos como gritar, falar com intensidade elevada, fazer ruídos e pigarrear. Apesar do grito fazer parte da expressão natural da infância sabe-se que este comportamento em demasia pode ser fator desencadeante de patologias vocais como nódulos ou edemas (inchaços) crônicos de pregas vocais (STEMPLE, 1996; NIEDZIELSKA et al., 2001).

A incidência de disfonias infantis é alta. O pico de incidência ocorre entre os 5 e 10 anos de idade, sem diferença quanto ao sexo, embora se observe uma maior tendência no sexo masculino, provavelmente pela exigência social de um comportamento mais agressivo nesse sexo (WILSON, 1994; BEHLAU, 1995; HIRSCHBERG, 1995; BEHLAU, 2001; MELO et al., 2001).

Marinho et al.(2003) fizeram um estudo da frequência fundamental antes e depois do intervalo escolar de 28 pré-escolares, sendo 14 meninas e 14 meninos, com idade entre 5 e 6 anos. Os resultados apontaram que 79% dos meninos e de 86% das meninas apresentaram alterações de voz, tanto na frequência fundamental quanto na qualidade vocal após o intervalo escolar.

Servilha (2004) relata que o excesso de ruído no mundo moderno, que exige que se mantenha um volume de voz forte para ser ouvido; a competitividade instalada em todos os

âmbitos da vida humana e a lei vigente – quem grita mais consegue mais -; a agressividade que permeia atividades lúdicas das crianças, incentivada também pela eterna luta de monstros do bem e do mal oriundos dos desenhos infantis que povoam seu imaginário; a falta de preocupação dos pais e dos professores com a rouquidão da criança, entendida como um processo normal da infância e finalmente, após a conclusão diagnóstica, o pouco interesse da criança disfônica pelo seu processo de reabilitação vocal, já que nem sempre sente os impactos da disfonia sobre seu corpo e sua vida como dores de garganta, falta de ar, assim como a restrição na execução de suas atividades cotidianas em casa e na escola, contribuem para a má qualidade da voz característica desta faixa etária.

Fabiano e Brasolotto (2001) avaliaram 266 escolares por meio de triagem vocal e questionário enviado aos pais dos alunos, e encontraram maior índice de disfonia em meninos na idade de 9 anos. As crianças disfônicas, em comparação com as não disfônicas, apresentaram as seguintes características em ordem de importância: períodos de rouquidão após gritar, chorar e participar de brincadeiras com amigos; intensidade de voz elevada; ritmo acelerado de fala; imitação de outras vozes; bronquite; alterações de voz decorrentes de mudança de temperatura e ingestão de bebidas e alimentos gelados; características comportamentais como agitação, ansiedade e agressividade; hábito de chamar a atenção gritando e antecedentes familiares.

Zafarri, Feijó, Scalco (1999) após estudarem a intensidade vocal habitual em 46 crianças de 4 a 6 anos concluíram que as mesmas apresentam grandes chances de realizar abuso e/ou mau uso, principalmente pelo aumento da intensidade vocal, muitas vezes

relacionada com condições comunicativas inadequadas. Desta forma, esses sujeitos tornam-se predispostos a desenvolverem alterações vocais.

Della Via (2000), baseado em relatos dos fonoaudiólogos, otorrinolaringologistas e pediatras com relação a disfonia infantil, verificou que esta ocorre com frequência elevada na prática clínica dos profissionais pesquisados, na faixa de 4 a 11 anos, período em que as crianças estão em idade escolar, acometendo mais os meninos que as meninas. As práticas de abuso mais mencionadas são a fala excessiva, a atividade esportiva (futebol), a fala em voz alta e o grito.

Melo et al. (2001) realizaram um estudo com 34 crianças de 4 a 13 anos, com queixa vocal, através de um exame de laringoscopia, verificaram que a lesão mais frequente nas crianças com disfonia foi o nódulo vocal, encontrado em 53%; a segunda lesão mais comum encontrada foi o cisto vocal, em 21% das crianças; em ambas patologias não houve correlação da lesão com o sexo.

Martins e Trindade (2003) avaliaram 71 crianças de 3 a 13 anos, de ambos os sexos e verificaram que o nódulo vocal apareceu em 66,2% dos casos e as disfonias foram mais frequentes entre os meninos (63,3%).

O nódulo vocal (Figura 5), patologia de maior incidência na infância, é uma alteração que apresenta uma lesão de massa na prega vocal, bilateral, simétrica em posição, mas variável em tamanho, localizada no terço médio para o anterior das pregas vocais, particularmente no meio da área vibratória, ou seja, no ponto de maior amplitude de

vibração das pregas vocais, onde ocorre maior contato mecânico de superfície. A presença do nódulo vocal determina uma série de alterações na fisiologia da dinâmica fonatória, como vibrações aperiódicas e irregulares das pregas vocais, devido ao desequilíbrio entre as forças mioelásticas da laringe e as forças aerodinâmicas pulmonares (CERVANTES, 1995; GRAY et al., 1996; FREITAS et al., 2000; BEHLAU, 2001; MARTINS, TRINDADE, 2003). Os nódulos vocais assim como também as outras patologias que podem ocorrer, são associados ao mau uso, ou ao uso incorreto e inadequado da voz, ou seja, comportamento vocal excessivo ou abusivo (BEHLAU, 1995; ANDREWS, 1998; FREITAS et al., 2000; BEHLAU, 2001; MELO, 2001; NIEDZIELSKA et al., 2001).

Figura 5 – Nódulo. Fonte - Ilustração modificada de <http://www.gbmc.org/voice/imagegallery.cfm>

Os problemas de voz na infância podem ter reflexos no desenvolvimento da capacidade de comunicação adequada na vida adulta (FREITAS et al., 2000; MARTINS, TRINDADE, 2003). As disfonias podem causar desconforto ao falar, cansaço, dores e queimação na região da garganta, tensão na região laríngea e cervical e voz rouca, áspera ou soprosa. O tratamento para tais alterações vocais consiste em cirurgias, terapia

fonoaudiológica, ou a associação de ambas, conforme a severidade da patologia. A terapia fonoaudiológica, em casos infantis engloba a orientação familiar e exercícios específicos de reabilitação vocal.

A orientação familiar e escolar quanto as disfonias é imprescindível já que a literatura aponta que geralmente os mesmos muitas vezes confundem os distúrbios vocais com sintomas de infecções de vias aéreas superiores ou consideram vozes normais. Teixeira et al. (2003) verificou a opinião dos pais sobre a voz de seus filhos e concluiu que a maior parte dos pais considera a voz de seus filhos bonita e, embora percebam problemas vocais ocasionalmente, raramente se preocupam com tais alterações; os pais reconhecem que o abuso da voz prejudica a condição vocal de seus filhos, tem noção sobre muitos dos hábitos nocivos ou benéficos à voz e, apesar de que tomam alguma atitude quando percebem alguma alteração na voz do filho, não procuram atendimento clínico. A maioria dos pais acredita que as crianças não percebem quando tem problemas na voz pois não referem queixas, embora diminuam o uso da voz quando tem alguma alteração vocal; a importância da voz para a vida familiar, escolar e para o futuro do filho foi confirmada pela maioria dos pais.

Figura 6: - Fonte - http://www.voiceproblem.org/glossary/images_02.asp

Uma cicatriz (ou alguma patologia de prega vocal) afeta a vibração das pregas vocais fazendo com que fique mais difícil a abertura (2) e o fechamento (8) comparado a pregas vocais normais. Em (2) observamos que a rigidez devido a cicatriz aumenta a quantidade de pressão do ar necessária na abertura da ppvv. Em(8), a rigidez devido a cicatriz diminui a eficiência do efeito Bernoulli no fechamento da prega vocal.

O processo de avaliação clínica fonoaudiológica das disfonias abrange as seguintes etapas: a anamnese (entrevista); a observação e avaliação (subjativa e objetiva), a análise das informações e a definição diagnóstica e conduta terapêutica (ANGELIS, CERVANTES, ABRAHÃO, 2001).

Para que haja um eficiente tratamento é necessário o fonoaudiólogo utilizar ferramentas adequadas para avaliar a voz do paciente. Aplica-se a avaliação perceptivo-auditiva (no qual o fonoaudiólogo não utiliza nenhum instrumento específico, somente o ouvido especializado e treinado) e a avaliação acústica computadorizada. A avaliação perceptivo-auditiva permite a identificação da qualidade e ressonância vocais, caracterizando o comportamento vocal do indivíduo e, o procedimento da análise acústica oferece ao clínico da voz uma riqueza de dados objetivos e quantificados que auxiliam no

processo de avaliação e tratamento dos distúrbios da voz. (ANGELIS, CERVANTES, ABRAHÃO, 2001; BOONE, MC FARLANE, 1994).

A identificação e o cuidado dos distúrbios de voz na infância são importantes para o desenvolvimento educacional e social da criança, assim como a saúde física e emocional. (VON BERG, MCFARLANE, 2004).

O diagnóstico das disfonias na infância tem sido facilitado, nos últimos anos, pelo desenvolvimento da tecnologia digital que trouxe métodos de diagnósticos de fácil execução, como a avaliação acústica computadorizada. No caso de crianças, a avaliação acústica é muito significativa, pois é uma avaliação não-invasiva das condições da laringe, o que facilita o contato do clínico da voz com a criança (STEFFEN, MOSCHETTI, 1997; CAMARGO, MADUREIRA, 2004).

Niedzielska, Glijer e Niedzielski (2001) relataram em seu estudo analisando acusticamente a voz de 46 crianças com nódulos vocais que devido as dificuldades de realizar testes estroboscópicos em crianças pequenas a análise acústica da voz pôde ser usada para monitoramento durante o tratamento.

1.3 – Análise Acústica da voz humana e sua importância na Fonoaudiologia

No século XX houve um grande desenvolvimento no estudo da análise da voz com a visualização gráfica dos parâmetros vocais. Em 1920 há o surgimento do oscilógrafo, do qual temos o oscilograma, possibilitando a análise do som representado graficamente. Na

década de 40 teve início a utilização da Análise de Fourier (técnica de análise de sinais) para a obtenção da análise espectral. Em 1950 surge um outro avanço tecnológico que veio revolucionar a análise vocal e o estudo das características dos sons da fala, é o surgimento do espectrógrafo que fornecia o espectrograma, onde foi possível a visualização da concentração de energia variando no decorrer do tempo. (KENT E READ, 1992; CAMARGO, 1999; ARAÚJO, 1999; FANT, 1973; KENT, 1993; KENT, 1997).

Figura 7: Oscilograma e Espectrograma. **Fonte:** liceu.uab.es/.../sordeses/exemples_sordeses.html

Desde a década de 50, houve um aumento progressivo de estudos voltados à análise objetiva da voz, paralelamente ao aparecimento de teorias que explicam a produção da voz e desenvolvimento de inúmeros laboratórios de voz (FUKUYAMA, 2001).

Em 1960, Gunnar Fant postulou a Teoria Fonte - Filtro Linear (ou Modelo Fonte - Filtro) da produção vocal que promoveu uma interpretação matemática do fenômeno da voz e da fala (CAMARGO, 1999; FANT 1970, 1973; KENT, READ, 1992; KENT, 1993, 1997). Fundamentalmente, o modelo postula que o sinal de fala que é radiado pelos lábios

representa e contém características da fonte (glote) e também do filtro (trato vocal), ou seja, o som produzido pela vibração das pregas vocais é modificado ao passar pelas características específicas do filtro vocal (ressonância) (FANT, 1970; 1973; KENT e READ, 1992; KENT, 1993, 1997). O modelo proposto por FANT foi adotado por outros autores como ISHIZAHA, FLANAGAN, 1972 e DAVIS, 1979.

Este modelo matemático pressupõe três principais sub-sistemas acústicos para a produção da voz: de conformação do pulso glótico; de caracterização do trato vocal e de radiação labial (KENT, 1993,1997). FANT (1970) caracterizou este modelo por meio da equação:

$$P(f) = U(f) \cdot T(f) \cdot R(f)$$

onde

(f) é a frequência;

P(f) é o sinal de voz (fala);

U(f) é o conformador do pulso glotal;

T(f) constitui as características do trato vocal;

R(f) é a radiação labial.

Após FANT, os estudiosos preocuparam-se na separabilidade dos filtros envolvidos na produção geral da voz e da fala, isso devido às diversas implementações científicas computadorizadas. Posteriormente, outros diversos modelos matemáticos expressaram cada filtro componente da voz: o modelo da forma glotal, o modelo do trato vocal e por fim, o modelo da radiação labial, especificando cada filtro, separadamente.

A década de 70 marcou o desenvolvimento do processamento digital dos sinais, iniciou-se o desenvolvimento de softwares analisando o sinal de voz. As técnicas de processamento de sinais permitem obter as características de vibração das pregas vocais (PEREIRA, MONTAGNOLI, 1999). O processamento digital de sinais é realizado por meio da FFT -Transformada Rápida de Fourier (*Fast Fourier Transform*) ou LPC – (*Linear Predictive Coding*), técnicas de filtragem e Cepstrum (ARAÚJO, 1999; BAKEN; ORLIKOFF, 2000; CHILDERS, SKINNER, KEMERAIT, 1977; DAVIS, 1979; PEREIRA; MONTAGNOLI, 1999; READ, BUDER, KENT, 1992).

Geralmente por meio dos programas de análise acústica é possível visualizar: a forma de onda, as medidas de perturbações (como *jitter* e *shimmer*), a frequência fundamental e também a quantidade de ruído presente no sinal de voz (ARAÚJO, 1999).

A avaliação acústica consiste no processo de extração e quantificação de padrões precisamente definidos do sinal vocal por instrumentos. Oferece informações sobre importantes aspectos da função laríngea, incluindo os ajustes laríngeos quanto à aerodinâmica e biomecânica, a extensão da frequência e da intensidade e suas correlações na fonação; estabilidade fisiológica da fonação; coordenação laríngea na fonoarticulação e também a eficiência da laringe. Além disso, oferece dados normativos para diferentes realidades vocais e serve como documentação vocal do diagnóstico e da evolução da fonoterapia (BARROS, CARRARA - DE ANGELIS, 2002).

As vantagens proporcionadas pela análise acústica são: uma maior compreensão acústica da saída vocal; estreitamento das linhas de associação entre as análises perceptivo-

auditiva e acústica; monitoramento da eficácia do tratamento e a possibilidade de comparação dos resultados; além de servir como instrumento de detecção precoce de problemas vocais e laríngenos (BEHLAU, 2001).

Baken, Orlikoff (2000) descreveram a espectrografia como sendo a tradução de padrões sonoros em padrões visuais gráficos que refletem a frequência fundamental (F_0) e os harmônicos de uma voz, bem como as zonas de forte intensidade dos sons da fala, utilizando uma análise matemática denominada "análise de Fourier", que determina os componentes harmônicos da onda sonora. Este método faz a dissecação da onda acústica em seus componentes básicos, ou seja, expõe as frequências e as respectivas amplitudes que a constitui.

A espectrografia acústica mede a acústica da onda sonora vocal, e mostra significativamente a contribuição da fonte glótica e a ressonância do trato vocal, que é responsável por amplificar ou reduzir determinadas frequências presentes no pulso glótico (Figura 7). Além disso, a análise acústica do sinal de voz pode ser realizada em dois domínios: no domínio direto e no domínio indireto. No domínio indireto (domínio espectral) obtém-se o espectro de frequência da voz. O fonoaudiólogo ao analisar o espectro de voz consegue visualizar a F_0 e os harmônicos com suas respectivas amplitudes, o que não é visualizado no domínio direto (domínio temporal) (BELHAU et al., 2001).

Figura 8 – detalhe (c) obtido de um espectro do sinal de voz (a e b), onde podemos visualizar as componentes do sinal e o ruído inter-harmônico presente nesta amostra.

Pontes et al. (2002) expôs que o espectrograma pode ser definido como um gráfico que mostra as intensidades relativas dos componentes das ondas sonoras, indicadas pelo escurecimento ou coloração de faixas, frequência no eixo vertical em função do tempo no eixo horizontal. Nesta avaliação o especialista poderá inferir a função glótica durante a emissão vocal. Nos dias atuais esta correlação é facilitada pela captação de imagens laríngeas com o recurso de fibras ópticas.

Marinho et al. (2003) analisaram a espectrografia de voz de 28 pré-escolares antes e depois do intervalo escolar e observaram que após o mesmo, a presença de ruído foi maior em relação aos harmônicos, na maioria das crianças avaliadas, tanto no sexo masculino quanto no feminino, além da instabilidade.

Vanzella, Santos, Pereira (2004) compararam os espectros das frequências das vozes de crianças, adultos jovens e idosos. Foram 30 crianças sem queixas de alterações vocais de ambos os gêneros e com faixa etária entre 9 e 10 anos de idade. O protocolo de

gravação das vozes foi realizada a partir da gravação da vogal sustentada /a/ em tom e intensidade adequada, com duração de até 5 segundos, em ambiente silencioso e diretamente no programa “Análise de Voz”. Além disso, foram analisadas vozes de adultos jovens e idosos sem queixas de alterações vocais com o mesmo protocolo de gravação. Os resultados achados mostraram que o espectro de frequência da voz infantil difere de ambos os grupos. Na criança, o espectro de frequência mostrou maior formante em 3,5 kHz, houve amplificação dos harmônicos nas baixas frequências o que caracteriza os 1º, 2º e 3º formantes, que também demonstram-se mal definidos e com forma irregular, além de indicarem presença de ruído no sinal de voz. Nos adultos e idosos os formantes chegaram em média até 4,6 kHz, houve maior amplificação dos harmônicos nas frequências altas, o que corresponde à produção de 4º e 5º formantes, possuíram riqueza de harmônicos, que foram amplificados pelos formantes bem definidos e regulares. Concluíram que em vista das modificações dessas estruturas no decorrer da vida, pode-se inferir que tais resultados sejam reflexos da estrutura ainda imatura e indiferenciada das pregas vocais infantis nessa faixa etária estudada. Os articuladores que fornecem diferenças em sons da vogal produzem mudanças significativas nas frequências dos formantes, sendo assim, pode-se observar diferenças nos espectros infantis em relação aos adultos e idosos. A diferença entre os resultados das curvas LPC são explicadas pela constituição do trato vocal, sendo este curto na infância, o que é modificado na idade adulta ao tornar-se longo, além de ter suas cartilagens laríngeas calcificadas.

A análise acústica da voz humana foi enriquecida devido a grande evolução científica da tecnologia computadorizada. Essa evolução possibilitou a obtenção de dados objetivos de parâmetros vocais o que colabora no diagnóstico das patologias laríngeas e

vocais, aprimorando e colaborando cada vez mais para a atuação clínica e de pesquisa do fonoaudiólogo que trabalha na área de voz (PEREIRA, MONTAGNOLI, 1999).

A análise acústica deve seu desenvolvimento nas áreas de Engenharia Elétrica, Matemática e Tecnologia Computadorizada. A integração da Fonoaudiologia com outras ciências enriquece o conhecimento da voz e dos instrumentos utilizados na clínica para a análise vocal (SANTOS, 2005).

Os programas de análise acústica através de processamento de sinais e algoritmos são capazes de obter o traçado do formato da onda sonora, análise de frequência fundamental, medidas de perturbação como *jitter* e *shimmer* e medidas de ruído, permitindo descrever quase completamente a voz humana (ARAÚJO et al., 2002).

Niedzielska (2001) descreveu as mudanças na análise acústica no diagnóstico de desordens vocais em crianças, além de observar diferenciação orgânica e desordens funcionais por meio desta. O estudo incluiu 112 crianças em tratamento de papiloma laríngeo, refluxo gastro-esofágico, doenças atípicas e nódulos vocais. Verificou mudanças significativas na relação harmônico-ruído (HNR) em todos os grupos de pacientes. No grupo com papilomatose e nódulos vocais, os quais há maior aumento de massa nas pregas vocais, houve maiores valores de *jitter*.

Kiliç et al. (2004) estudaram 617 crianças escolares de 7 a 16 anos de ambos os sexos. Suas vozes foram gravadas e analisadas acusticamente, e seus tratos vocais examinados por telelaringoscopia. Os resultados achados foram classificados como normal,

lesão mínima e nódulos imaturos e maduros. Os exames laringoscópicos revelaram que 69,9% (430) das crianças estavam normais. Do restante, 13,3% (82) tiveram lesão mínima, 14,3% (88) tiveram nódulos imaturos, 2,6% (16) nódulos maduros e 0,2% (1) pólipos vocais. Comparações dos parâmetros acústicos mostraram que não houve diferença estatisticamente significativa entre os grupos normal e lesão mínima, e entre os grupos imaturos e nódulos maduros. A proporção de nódulos vocais, que inclui ambos os grupos de nódulos (maduros e imaturos), entre todas as crianças da escola, baseada nos achados endoscópicos foi muito alto, sendo achados 21,6 % para gênero masculino e 11,7% para o gênero feminino. Estes resultados foram corroborados pelos parâmetros acústicos determinados ao longo desta pesquisa.

A análise acústica da voz humana tem sido de grande importância principalmente por ser uma medida objetiva que colabora na compreensão do mecanismo fisiológico do aparato vocal.

Para Davis (1979) a avaliação acústica poderia ser comparada à função do audiograma (Figura 8), fornecendo um “gráfico” da voz. Faz-se necessário, entretanto também não esquecermos a avaliação perceptivo-auditiva que fornece dados sobre a qualidade vocal (embora seja uma avaliação subjetiva). As medidas não substituem o julgamento perceptivo, mas contribuem para um diagnóstico mais preciso, fornecem maiores evidências para intervenção terapêutica e são um “feedback” para pacientes em terapia (BAKEN, ORLIKOFF, 2000).

Figura 9: Audiograma de indivíduo com audição normal e indivíduo com perda auditiva. Fonte: spanish.hear-it.org/page.dsp?page=3009

Nemr et al.(2005) em sua pesquisa realizada numa ação de proteção de saúde vocal com uma população com queixa vocal mostrou concordância entre a avaliação fonoaudiológica perceptivo-auditiva, a avaliação médica no diagnóstico de alterações vocais e/ou laríngicas e a análise acústica. Esta análise mostrou ser um método complementar que pode ser útil na avaliação dos indivíduos com queixa vocal.

A avaliação acústica consiste no processo de extração e quantificação de padrões precisamente definidos do sinal vocal, através do processamento do mesmo. Sua importância deve-se a quantificação da frequência fundamental, principalmente por refletir as características biomecânicas das pregas vocais (estrutura laríngea e forças musculares de tensão e rigidez) e a interação com a pressão subglótica (ANGELIS et al., 2001).

Analisando acusticamente vozes disfônicas, os achados comuns nas emissões de vogais /a/, /é/, /u/ e /ó/ referiram-se à presença de ruído nas bandas formantes, ao aumento de componentes de alta frequência, especialmente acima de 3 KHz, e à perda de

harmônicos de alta frequência. Tais achados se mostraram proporcionais ao grau de rouquidão atribuído às amostras por meio da avaliação perceptiva (CAMARGO, MADUREIRA, 2004).

A análise acústica oferece dados comparativos para diferentes realidades vocais; e servem como documentação vocal do diagnóstico e da evolução da fonoterapia. Dessa forma, a avaliação acústica vem complementar e auxiliar a avaliação perceptivo-auditiva (STEFFEN, MOSCHETTI, 1997; BEHLAU, 2001; PONTES et al., 2002; JOTZ et al., 2002). Atualmente, critérios subjetivos e objetivos fazem parte da convergência entre todos os critérios de avaliação (NERM et al., 2005).

Diversos estudos tem sido encontrados na literatura, principalmente internacional, buscando correlacionar índices (parâmetros) que quantifiquem a voz humana, principalmente parâmetros como frequência fundamental, *jitter* e *shimmer*. Dentre eles podemos observar correlações feitas entre esses parâmetros e medidas de massa corporal e altura (STEFFEN et al., 1996).

Tudo isso foi possível graças ao avanço tecnológico e científico que nas duas últimas décadas contribuiu significativamente para o desenvolvimento de programas e equipamentos surgindo, na área da voz, os laboratórios de análise de voz. Na realidade brasileira a avaliação acústica foi introduzida na década de 1990 (BEHLAU, 2001).

1.4 – Técnicas Acústicas para a Análise do Sinal de Voz

Conhecer as técnicas matemáticas e acústicas utilizadas para a análise do sinal da voz é essencial para a compreensão da extração e interpretação dos parâmetros acústicos do sinal vocal. Por meio deste conhecimento é possível raciocinar e associar o entendimento sobre o processo realizado pelo mecanismo fonador para a produção dos sons vocálicos e a forma que os programas de análise acústica interpretam-nos. Ressalte-se que as várias técnicas utilizadas, associadas aos vários parâmetros acústicos da voz propostos na literatura constituem-se num obstáculo à definição de uma normatização da análise acústica.

O sinal da voz pode ser analisado por várias técnicas sendo duas delas são: pelo sinal direto e pelo sinal indireto.

Sinal direto: é a análise que é realizada por meio da onda de pressão do som irradiado pela boca, ou seja, é a técnica que processa o sinal da voz no domínio do tempo.

Sinal indireto: onde os parâmetros acústicos são extraídos de uma versão modificada do sinal de voz, por exemplo, espectro, cepstrum e sinal residual. Pode-se separar (por processos matemáticos, e por meio do modelamento matemático do trato vocal) a fonte glótica do tubo acústico. Técnicas específicas de filtragem inversa são utilizadas para retirar todo o efeito do trato vocal sobre o sinal da voz. Existem dois métodos de filtragem inversa utilizada: técnica de filtragem inversa residual e técnica de filtragem inversa glotal (DAVIS, 1979; PEREIRA, MONTAGNOLI, 1999).

A técnica de filtragem inversa residual é aplicada com o intuito de remover os efeitos das características acústicas dos tratos vocal e glotal do sinal da voz, chegando ao sinal resultante aproximado da excitação periódica. Portanto, as medidas baseadas na técnica de filtragem inversa residual do sinal de voz subtraem um modelo fixo dos sub-sistemas glotal e supra-glotal mantendo as informações relativas à excitação do sistema total. A técnica de filtragem inversa glotal retira os efeitos da radiação labial e do trato vocal, preservando as características do sub-sistema glotal. Conseqüentemente o sinal obtido é o pulso glotal ao invés do sinal residual (DAVIS, 1979; PEREIRA; MONTAGNOLI, 1999).

Matematicamente a separação entre trato vocal e a radiação labial é devida as diferentes características acústicas entre os mesmos. O trato vocal é responsável por ressonâncias (formantes), enquanto a radiação labial é responsável pela propagação do som. De acordo com a interpretação fonoaudiológica, pelo modelo “perceptivo auditivo” não se faz distinção entre trato vocal e radiação labial.

Neste estudo utilizaremos um programa de análise acústica que analisa vários parâmetros pela técnica de filtragem inversa residual: EX, PA, *jitter* e *shimmer*. Estes parâmetros serão abordados a seguir.

1.4.1 – Parâmetros Acústicos da Voz

Os parâmetros acústicos vocais consistem a forma de caracterizar o sinal da voz. Caracterizando o sinal de voz, o clínico pode correlacionar estes achados com sua avaliação

perceptivo-auditiva, para estabelecer, após uma interpretação, o diagnóstico do caso. Os parâmetros acústicos, extraídos pelos programas de análise de voz são úteis para o fonoaudiólogo atuar no momento da avaliação e também no momento do tratamento (reabilitação), pois mudanças nos valores dos parâmetros podem ser consequências de mudanças no comportamento vibratório das pregas vocais. Com os valores dos parâmetros acústicos é possível quantificar as alterações laríngeas e a perceber gráfica e numericamente o aumento e/ou diminuição de rouquidão, aspereza ou soprosidade na qualidade da voz humana (SANTOS et al, 2005).

1.4.1.1 – Parâmetros Acústicos no Domínio do Tempo

O primeiro parâmetro que abordamos é a **freqüência fundamental (F0)**: é uma das principais medidas utilizadas pelos estudiosos para caracterizar a voz humana em diversas etapas da vida. A freqüência fundamental tem uma relação direta com a massa, elasticidade e comprimento das pregas vocais. Está também na dependência da pressão sub-glótica e das dimensões do trato glotal do indivíduo. Por meio da análise da freqüência fundamental o clínico da voz pode designar a idade, o tamanho e sexo do indivíduo. A freqüência fundamental avalia o número de ciclos de pulsos glotais que ocorrem por segundo, é expressa em Hertz (Hz). Segundo Behlau; Pontes (1995), os valores normais são de 80 a 150 Hz para os homens, 150 a 250 Hz para as mulheres e acima de 250 Hz para as crianças. O *pitch* é o correspondente da F0 na análise perceptivo-auditiva (ANDRADE et al., 2002; ARAÚJO, 1999; CASTRO E PEGORARO-KROOK, 1994; COLTON E CASPER, 1996; MORRISON E RAMMAGE, 1994; PEREIRA E MONTAGNOLI, 1998). Devido à

complexidade do sistema glotal, os pulsos glotais de uma voz normal não são idênticos entre si, apresentando uma pequena variação ciclo a ciclo.

Matematicamente, o valor médio de F0 pode ser expresso por:

$$F0 = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N F0_{(i)}$$

onde:

$F0_{(i)} = 1/T0_{(i)}$ é o inverso do i-ésimo período do sinal de voz

N = número de períodos do *pitch* extraídos

Medidas de Perturbação

As medidas de perturbação são baseadas no pressuposto de que a voz é quase periódica e sendo assim, apresenta variações na frequência e amplitude. Estas perturbações são denominadas de *jitter* e *shimmer* respectivamente.

Quando ocorrem alterações de massa, por presença de calosidades, ou há alterações neurológicas as perturbações no período e na amplitude aumentam, sendo parâmetros eficientes na determinação destes distúrbios. Autores como BIEALMOWICZ et al. (1996); DAVIS (1979); ESKENASI, CHILDERS E HICKS (1990); HORII (1979, 1980, 1982); MARTIN, FITCH E WOLFE, 1995 classificaram as várias qualidades de voz segundo estes parâmetros acústicos. É importante notar que os dados normativos *do jitter* e *shimmer* dependem dos métodos utilizados por cada programa, sendo que estes valores podem variar

conforme a idade, o sexo e a vogal utilizada. Não há ainda uma padronização para as medidas de perturbação (ANDRADE et al., 2001; BARROS; CARRRA - DE ANGELIS, 2002; DAVIS, 1979; PEREIRA, MONTAGNOLI, 1999).

De acordo com Araújo et al. (2002) a análise de frequência fundamental, medidas de perturbação como *jitter* e *shimmer* e medidas de ruído, permitem descrever quase completamente a voz humana. Isso colabora significativamente no processo de avaliação e tratamento dos distúrbios vocais.

***Jitter* - Perturbação Média Relativa (Rap)**

Várias são as medidas baseadas na perturbação de *pitch*, a primeira delas foi proposta por Lieberman (1963) o **fator de perturbação de frequência (PFF)**. Este parâmetro é definido como a frequência relativa das perturbações de período de *pitch* maiores que 0,5 ms que ocorrem em uma vogal sustentada. A perturbação do período de *pitch* é definida como a diferença de tempo entre as durações de período sucessivos no sinal de voz. Uma outra medida é a **perturbação média relativa (RAP** - Relative Average Perturbation) proposta por Koike (1973), que é calculado usando a média de três períodos consecutivos do sinal, além de normalizá-lo em relação ao período médio. Outras medidas de perturbação foram propostas por diversos pesquisadores, sempre utilizando a perturbação da frequência. Atualmente a nomenclatura utilizada para englobar todos os fatores de perturbação de período (frequência) é *jitter*. O *jitter* então é definido como a perturbação ou variabilidade da frequência fundamental ciclo a ciclo, ou seja, a perturbação da frequência do sinal vocal. Nas alterações de massa, geralmente se encontra maior valor

para o *jitter*. As alterações no *jitter* também podem ser indicativas de doenças neurológicas ou dificuldades psicológicas. Este parâmetro está relacionado ao aspecto perceptual de aspereza na voz (ANDRADE et al., 2001; BEHLAU, 2001; BEHLAU; PONTES, 1995; HORII 1979, 1980, 1982; DAVIS, 1979; PEREIRA; MONTAGNOLI, 1999).

O RAP, quando utilizado para determinar o *jitter*, pode ser expresso matematicamente por:

$$RAP = \frac{\frac{1}{N-2} \sum_{i=2}^{N-1} \left| \frac{P(i-1) + P(i) + P(i+1)}{3} - P(i) \right|}{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N P(i)}$$

Onde P(i), i = 1,2,3,...N denota os períodos de *pitch* sucessivos. O numerador é a perturbação média avaliada em três períodos, e o denominador é o período médio.

***Shimmer* - Quociente de Perturbação de Amplitude (Apq)**

Quando a perturbação no sinal de voz é calculada sobre a amplitude, temos o *shimmer*. Basicamente, todas as fórmulas de perturbação propostas na literatura quando aplicadas a amplitude geram o *shimmer* e, quando aplicadas ao período ou frequência geram o *jitter*.

O *shimmer* é definido como a perturbação ou variabilidade da amplitude ciclo a ciclo (HORII 1979, 1980, 1982; DAVIS, 1979). A alteração do *shimmer* é encontrada, principalmente, na presença de lesões de massa nas pregas vocais como nódulos, pólipos, edemas ou carcinomas. Esse parâmetro acústico está intimamente relacionado ao aspecto perceptual de rouquidão (ANDRADE et al., 2001; BEHLAU, 2001; BEHLAU; PONTES, 1995; DAVIS, 1979; PEREIRA; MONTAGNOLI, 1999).

Matematicamente, Takahashi e Koike (1975) usaram a mesma fórmula do RAP, mas substituíram o período pela amplitude do sinal na fórmula e utilizaram onze períodos. O parâmetro acústico foi denominado quociente de perturbação de amplitude (APQ – Amplitude Perturbation Quotient) ou *shimmer*. Posteriormente DAVIS (1979) sugeriu o mesmo parâmetro, porém com uma janela de cinco períodos conforme representado pela equação:

$$APQ = \frac{\frac{1}{N-4} \sum_{i=3}^{N-2} \left| \frac{A_{i-2} + A_{i-1} + A_i + A_{i+1} + A_{i+2} - A_i}{5} \right|}{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N A_i}$$

Onde $A(i)$, $i = 1, 2, 3, \dots, N$ denota as amplitudes dos períodos sucessivos. O numerador é a perturbação média avaliada em cinco períodos, e o denominador é o período médio.

Coeficiente de Excesso (Ex)

Este parâmetro é utilizado a fim de obter uma relação entre o sinal e o ruído da voz (CRAMER¹, 1958 *apud* DAVIS, 1979; PEREIRA; MONTAGNOLI, 1999). Vozes normais apresentam distribuições estatísticas mais concentradas e de maior magnitude, enquanto em vozes patológicas há uma distribuição dispersa e com menor amplitude. Este coeficiente pode ser entendido como um correlato estatístico da razão entre o sinal/ruído da voz (PEREIRA; MONTAGNOLI, 1998).

Matematicamente o EX corresponde à medida de curtose² da distribuição das amplitudes do sinal residual. Verifica-se em pessoas normais que a curva é leptocúrtica, enquanto que para padrões de voz soprosos, a distribuição é platicúrtica, pois o padrão de pulsos periódicos existente neste sinal é mais definido em vozes normais do que em vozes patológicas. O EX é a relação entre o quarto momento central e o quadrado do segundo momento central. Sendo positivo, a distribuição é concentrada e, por outro lado, se for negativo a distribuição é dispersa (DAVIS, 1979). O coeficiente de excesso é calculado por:

$$EX = \frac{E[(x - \bar{x})^4]}{\{E[(x - \bar{x})^2]\}^2} - 3$$

¹ CRAMER, H. Mathematical methods of statistics. Princeton, N. J: Princeton University Press, 1958 *apud* DAVIS, S. B. Acoustic characteristics of normal and pathological voices. In: LASS, N. J. (Ed) **Speech and Language: Advances in Basic Research and Practice**, vol 1, New York Academic Press, p. 271-335, 1979.

Amplitude do *Pitch* (Pa)

É um parâmetro acústico no domínio residual e avalia o índice de vocalização. Este parâmetro avalia a qualidade vocal e ressalta a “nitidez” da vocalização, através do estabelecimento da regularidade do padrão da excitação do sistema vocal. Na presença de aspereza ou soprosidade na voz, o valor do PA diminui significativamente. Isto se deve ao fato de que vozes com esta característica produzem um padrão irregular na excitação (ANDRADE, 2003; DAVIS, 1979; PEREIRA; MONTAGNOLI, 1999; MONTAGNOLI, 1998).

Davis (1979) definiu o PA como sendo o valor do segundo pico encontrado na autocorrelação do sinal residual. O valor de PA é bem alto para as vogais, tem um valor reduzido para sons fricativos sonoros e tem valor nulo (zero) para as fricativas não-vozeadas (tal como em /f/ ou /s/). Vozes sem alterações terão valores altos de PA, pois apresentam o período do *pitch* bem definido. Nesses casos existe uma forte periodicidade nas formas de onda (área e velocidade do movimento glotal) associadas à simetria do movimento das pregas vocais. Nas vozes alteradas (disfônicas, tais como vozes soprosas) os valores de PA serão semelhantes aos valores encontrados em indivíduos normais quando emitem sons não-vozeados. Em suma, o valor de PA é baixo ou não pode ser calculado se o sinal da voz tem baixa periodicidade, percebendo-se uma alta quantidade de ruído (vozes disfônicas) (DAVIS, 1979; MONTAGNOLI, 1998; PEREIRA, MONTAGNOLI, 1999).

² Curtose refere-se ao grau de achatamento da distribuição.

Fundamentalmente, a variação deste parâmetro indica os efeitos da patologia sobre as estruturas de vocalização, pois a existência perceptual de aspereza ou soproidade implica na redução da magnitude deste parâmetro. Este parâmetro avalia o índice de vocalização, ou seja, o quão está mais próximo o sinal de uma vogal ou uma consoante. A quantificação desta medida corresponde à mediana da amplitude do segundo pico da autocorrelação do sinal residual (MONTAGNOLI, 1998).

1.4.1.2 – Parâmetros Acústicos no Domínio da Frequência

A análise no domínio da frequência possibilita a verificação de outros parâmetros acústicos. No domínio espectral é possível analisar o sinal de voz por meio de suas componentes da frequência, no qual temos o espectro vocal. Destacamos neste estudo o nivelamento espectral.

Nivelamento Espectral

O nivelamento espectral é uma técnica que realiza a medida da variação do envoltório do espectro do sinal da voz, ou seja, quantifica o quanto o espectro do sinal está distanciado do nível de referência (ruído branco - nível zero). De acordo com Montagnoli (1998), este parâmetro acústico é uma medida da variação espectral do sinal, isto é, está relacionado à variação das amplitudes das componentes espectrais do sinal. Neste trabalho, a suavidade espectral (SF) é aplicada no sinal residual (SFR) para avaliação da glote e no filtro inverso (SFF) para avaliação do trato vocal.

Matematicamente o nivelamento espectral é calculado pela relação entre a média geométrica e média aritmética do espectro fornecida em dB, isto é,

$$SF = 10 \log \left[\frac{(x_1 \cdot x_2 \cdot x_3 \cdot \dots \cdot x_n)^{1/n}}{\frac{1}{N}(x_1 + x_2 + \dots + x_n)} \right]$$

Suavidade Espectral do Resíduo (SFR)

Este parâmetro mede as mudanças espectrais da forma glotal que podem ter sido ocasionadas por patologias laríngicas. Traz informações do pulso glótico desconsiderando informações da atuação do trato vocal e da radiação labial

Suavidade espectral do filtro (SFF)

Este parâmetro mede a magnitude do espectro (em decibéis) e avalia as ressonâncias do trato vocal.

Tais medidas foram utilizadas para a avaliação vocal por estudiosos como Davis, 1979 e Yanagihara, 1967. Em termos práticos podemos dizer que o SFR analisa e traz informações quanto ao formato do pulso glotal, enquanto o SFF avalia as ressonâncias do trato vocal (avalia quantitativamente a atuação do trato vocal).

Davis (1979) demonstrou que por meio das medições dos parâmetros (SFF-suavidade espectral do filtro inverso; PA-amplitude do pitch e SFR-suavidade do sinal residual) pode-se discriminar entre vozes normais e patológicas.

Eadie e Doyle (2005) em seu estudo mostraram que as medidas acústicas PA e SFR ajudaram na discriminação de vozes disfônicas e não disfônicas, assim como o HNR, porém este último teve baixa correlação quando comparados aos outros dois.

Por considerarmos de grande relevância o uso de programas de análise de voz elaborado por meio de parâmetros vocais brasileiros, nosso projeto pretende analisar acusticamente vozes de crianças na fase escolar utilizando um programa que foi elaborado em um trabalho científico de dissertação de mestrado na área de Engenharia Elétrica da USP - Campus de São Carlos. Este instrumento foi constituído com base em parâmetros vocais brasileiros, do interior de SP, o programa é denominado “Análise de Voz 5.0” (MONTAGNOLLI, 1998); e possui instrumentos que avaliam vários parâmetros vocais e acústicos: *jitter*; *shimmer*; nivelamento espectral de resíduos (SFR), nivelamento espectral do filtro (SFF); amplitude de pitch (PA); coeficiente de excesso (EX); frequência fundamental (F0); um osciloscópio; medidor de intensidade vocal; ataque vocal; analisador de espectro e índice de nasalização. Além disso, este programa apresenta um banco de dados onde o clínico pode completar dados de anamnese do paciente, também realiza cálculos médios, a fim de proporcionar resultados mais precisos da voz humana.

Os parâmetros acústicos que foram analisados neste projeto foram e estão sendo estudados por muitos profissionais e pesquisadores da área de voz, integrando ciências

biológicas e exatas. Especificamente em relação a fonoaudiologia e voz infantil a maioria dos estudos se restringe à três parâmetros acústicos: F_0 , *jitter* e *shimmer*. Este estudo enfocará 7 parâmetros acústicos a fim de conhecer a voz infantil de maneira mais profunda e levantar os padrões de normalidade dessa população.

Destaca-se também que a voz da criança está em processo de mudanças constantes (anátomo-fisiologicamente) o que justifica a investigação dos parâmetros acústicos nesta faixa etária, com intuito de caracterizar especificamente o tipo de voz e suas mudanças.

De acordo com a explanação acima, justifica-se plenamente investigar a voz de crianças e os valores dos parâmetros acústicos. Os resultados deste estudo podem trazer importantes implicações para a elaboração de programas de prevenção e tratamento da voz e disfonias infantis.

OBJETIVO E MÉTODO

OBJETIVOS

Esta pesquisa foi realizada em uma população com idade entre 7 e 10 anos cujos objetivos são:

- 1) Estabelecer um perfil acústico da voz mais abrangente que os apresentados na literatura atual.
- 2) Estudar a correlação dos parâmetros acústicos da voz com a utilização da voz pelas crianças nas atividades diárias.

METODOLOGIA

Casuística

Foram convidadas 182 crianças de escolas públicas e/ou particulares da cidade de São Carlos – SP. Os participantes foram de ambos os gêneros com uma faixa etária de 7 a 10 anos de idade.

A presente pesquisa foi realizada após a aprovação pelo Comitê de Ética e Pesquisa em Seres Humanos da Universidade Federal de São Carlos (Ufscar). (ANEXO)

Material e Método

Procedimentos:

Procedimento 1: Inicialmente foi entregue um roteiro de entrevista fonoaudiológica aos responsáveis pelas crianças a fim de verificar os hábitos vocais e possíveis queixas de mudança na voz. Após a leitura e assinatura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido e da Carta de Informação ao Paciente dos responsáveis pelas crianças passamos para a etapa de coleta de voz.(ANEXO)

Procedimento 2: A gravação da voz foi realizada diretamente no computador Notebook Celeron 2.4 MHz, na própria escola das crianças, em local isento de ruídos. O sinal foi captado por um microfone condensador com haste flexível, com ajuste em torno da cabeça, posicionado a 3 centímetros da comissura labial da criança, a qual foi posicionada sentada em inspiração profunda antes da emissão da vogal sustentada /a/ por um período de até 5 segundos. Foi orientada a fonação em níveis de altura e intensidade vocal confortável

a criança. Toda a gravação foi precedida de treino prévio. Durante o procedimento foi feita uma avaliação perceptiva-auditiva com intuito de verificar o tipo de voz do participante.

O programa utilizado neste estudo é um programa desenvolvido por engenheiros eletricitas: **Programa Análise de Voz - versão 5.0.**

Procedimento 3: A medida da massa corpórea (Kg) das crianças foi obtida por meio de uma balança simples, não digital, da marca “Mimo Style” e a altura foi verificada por meio de uma trena da marca “Vonder”.

Depois de obtidos os valores, vimos que não houve subsídios para verificar a correlação entre os parâmetros acústicos da voz e a massa corpórea dos indivíduos, já que estas últimas e as alturas tiveram variação muito pequena entre a população infantil estudada.

Descrição do Instrumento

Programa de Análise Acústica: ANÁLISE DE VOZ

O programa “*Análise de Voz*” foi elaborado pelo engenheiro eletricitista MONTAGNOLI (1998) sob a orientação de PEREIRA, durante o curso de Pós-Graduação em sua dissertação de Mestrado, no Departamento de Engenharia Elétrica da USP de São Carlos - EESC Escola de Engenharia de São Carlos. A figura 9 mostra uma das janelas do programa.

Figura 10- Tela do programa Análise de Voz

Para a padronização do banco de dados do programa foi realizado um estudo das vozes de pessoas sem alterações laríngeas e ou vocais. Por meio deste estudo, foram determinados valores mínimos e máximos dos parâmetros acústicos. As vozes foram obtidas no Hospital das Clínicas de Ribeirão Preto sendo analisadas no LIM - Laboratório de Instrumentação e Microeletrônica da USP - São Carlos. Foram também utilizadas amostras de vozes disfônicas de pessoas que apresentavam patologias laríngeas e ou vocais comprovadas por meio do exame de nasolaringoscopia (realizados na Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto - USP). A tabela 1 destaca os parâmetros extraídos pelo programa e suas respectivas unidades. Os parâmetros somente calculam os valores para

vogais, e os limites foram calibrados para a vogal /a/ sustentada. A figura 9 mostra graficamente os parâmetros acústicos da voz.

Tabela 1: Parâmetros Acústicos da Voz

Parâmetro	Unidade	Breve descrição
F0	Hz	Avalia o número de ciclos do pulso glotal que ocorrem por segundo. O limiar masculino/ feminino, segundo avaliação estatística, foi estipulado ser 160 Hz, não indicando disfonias, enquanto o limiar de 250 Hz indica uma alteração nos padrões de normalidade.
JITTER	%	Avalia a perturbação da frequência do sinal. É calculado pela razão entre as variações do período e o período médio constantes da amostra selecionada. Determinou-se como valor de normalidade o limiar de 2%
SHIMMER	%	Avalia a perturbação da amplitude do sinal. Calcula-se o parâmetro pela substituição do período pela amplitude do sinal. Determinou-se o valor de limiar (15%).
PA	Adimensional	Amplitude do <i>Pitch</i> : a quantificação desta medida corresponde à mediana da amplitude do segundo pico da autocorrelação do sinal residual.
EX	Valor Absoluto	Coefficiente de Excesso: é uma medida da forma da distribuição de amplitudes do sinal residual. É uma avaliação da razão entre o sinal/ruído. O valor estabelecido como limiar é 2,0.
SFR	dB	Suavidade Espectral do Residual: é uma medida da variação espectral do sinal, isto é, está relacionado à variação das amplitudes das componentes espectrais do sinal. O sinal SFR traz informações do formato do pulso glotal.
SFF	dB	Suavidade Espectral do Filtro Inverso: quantifica a suavidade das componentes espectrais relativas aos lábios, trato vocal e glote. O parâmetro SFF avalia a ressonâncias do trato vocal, o seja é uma medida quantitativa da atuação do trato vocal
ATAQUE VOCAL	%	O ataque vocal é calculado através da diferença em porcentagem da energia no início da fonação com um trecho após a estabilização
ÍNDICE DE NASALIZAÇÃO	—	Consiste no parâmetro que mede um índice de nasalização, valores próximos a 1 correspondem a vozes não nasais e próximos a 10, nasais.

O programa também realiza a análise espectrográfica da voz e apresenta o espectrograma, possibilitando a análise vocal em uma escala de tempo e amplitude (figura 10). Apresenta um banco de dados (em língua portuguesa) onde o clínico pode completar dados de anamnese do paciente, e realiza cálculos médios, a fim de proporcionar resultados mais precisos da voz humana (MONTAGNOLI, 1998).

Figura 11 – Parâmetros acústicos da voz

Figura 12 - Análise Espectrográfica da Voz

Forma de análise dos dados – Procedimentos Estatísticos

Neste estudo foi realizada a análise quantitativa e qualitativa (na avaliação perceptivo-auditiva das vozes) dos dados obtidos na entrevista fonoaudiológica e na análise acústica computadorizada.

Os resultados estatísticos apresentados referem-se à estatística descritiva que trata da apuração, apresentação, análise e interpretação dos dados observados (descreve as amostras). Serão apresentadas as medidas da tendência central ou medida de localização. Estas medidas são úteis, pois se constituem no único meio de descrever as propriedades das populações. Além das medidas mais conhecidas (média estimada, mediana, erro padrão, desvio padrão e variância) também serão apresentadas a assimetria e a curtose. Ambas medidas são consideradas medidas de qualidade da amostra e também são utilizadas para caracterizar a população (GLANTZ, 1992; LEVINE, BERENSON, STEPHAN, 2000; ROBERT, SOKAL, 1981; VIEIRA, 1981, 1999; ZAR, 1984).

A assimetria (também chamada distorção) é o grau de afastamento de uma distribuição da unidade de simetria. Em uma distribuição simétrica tem-se igualdade dos valores da média, mediana e moda. A figura 13 mostra uma distribuição normal simétrica.

Figura 13: Distribuição simétrica

Porém pode ocorrer que a distribuição da amostra seja deformada, ou seja, assimétrica. Essa a assimetria pode dar-se na cauda esquerda (positivo) ou na direita (negativo) da curva de frequências (GLANTZ, 1992; LEVINE, BERENSON, STEPHAN, 2000; ROBERT, SOKAL, 1981; ZAR, 1984).

Em uma distribuição assimétrica positiva, ou assimetria à direita predominam valores superiores à média. A figura 14 mostra uma assimetria positiva.

Figura 14 – Assimetria à direita (ou positiva)

Em uma distribuição assimétrica negativa ou assimetria à esquerda, predominam valores inferiores à Moda. A figura 15 mostra uma assimetria negativa.

Figura 15- Assimetria à esquerda (ou negativa)

A curtose refere-se ao grau de achatamento da distribuição, pode-se ter variados graus de achatamento: mesocúrtica, platicúrtica e leptocúrtica, tais como ilustramos a seguir (LEVINE, BERENSON, STEPHAN, 2000; ROBERT, SOKAL, 1981).

Na figura 16 temos uma distribuição nem chata e nem delgada, chamada mesocúrtica.

Figura 16 - Grau de achatamento: Mesocúrtica ou Mesocurtose

Na figura 17 mostramos uma distribuição achatada, denominada de platicúrtica.

Figura 17 - Grau de achatamento: Platicúrtica ou Platocurtose.

Na figura 18 temos uma distribuição delgada, que chamamos de leptocúrtica.

Figura 18 - Grau de achatamento: Leptocúrtica ou Leptocurtose.

RESULTADOS

4 – RESULTADOS

4.1 – Quanto à avaliação perceptivo-auditiva

Para verificar se a voz dos participantes apresentava-se normal ou alterada (conforme o protocolo de avaliação perceptivo-auditivo) foi feita uma análise perceptivo-auditiva no momento da coleta de dados com intuito de verificar o tipo de voz do participante.

Nesse estudo foram encontradas, em geral, vozes com presença de rouquidão, sopro e aspereza (condição normal nesta faixa etária). Dentro da análise perceptivo-auditiva, o *pitch* apresentou-se médio na maioria delas, ou seja, a sensação psicofísica da frequência fundamental dentro dessa faixa etária foi de nível médio, porém, quando diferenciamos entre as faixas etárias maiores, o *pitch* encontrado é considerado agudo.

4.2 – Quanto aos parâmetros acústicos

Na análise quantitativa dos sinais de voz foram calculados os seguintes parâmetros: Frequência Fundamental (F0), Perturbação da Frequência (*Jitter*), Perturbação da Amplitude (*Shimmer*), Suavidade Espectral do Resíduo (SFR), Suavidade Espectral do Filtro (SFF), Índice de Vocalização (PA) e Coeficiente de Excesso (EX).

Estes parâmetros são apresentados em forma gráfica para uma visualização instantânea dos valores médios e desvio padrão dos mesmos.

Também serão analisados os valores para os dois gêneros visando verificar as possíveis diferenças entre ambos.

FREQUENCIA FUNDAMENTAL (F0)

A F0 avalia o número de ciclos do pulso glotal que ocorrem por segundo sendo considerado o correlato acústico do *pitch*. A média da F0 em ambos os gêneros foi 237,15 Hz (N=182).

No grupo de meninos a média da F0 foi 241, 96 Hz $\pm$ 35,67 Hz (N=84), e, nas meninas 233,04 Hz $\pm$ 26,70 Hz (N=98).

As figuras 19, 20 e 21 abaixo mostram a distribuição de F0 em histograma respectivamente para as crianças de ambos os gêneros, meninos e meninas.

Figura 19: Histograma da F0 de ambos os gêneros.

Figura 20: Histograma da F0 dos meninos

Figura 21: Histograma da F0 das meninas

A tabela 2 abaixo mostra os valores dos dados estatísticos descritos para F0, respectivamente para meninos, meninas e a amostra total

Tabela 2: Resultados estatísticos da Frequência Fundamental (F0).

Gênero	Média Estimada	Erro padrão	Mediana	Desvio Padrão	Variância	Assimetria	Curtose
♂ (N=84)	241,96	3,59	239,77	± 35,67	1272,75	1,15	3,11
♀ (N=98)	233,03	2,69	229,34	± 26,708	713,33	0,86	1,32
♀ + ♂ (N= 182)	237,15	2,33	234,95	±31,39	985,82	1,17	3,18

JITTER

O *jitter* avalia a perturbação da frequência do sinal. É calculado pela razão entre as variações do período e o período médio constantes da amostra selecionada. Montagnolli (1998) em seu estudo determinou o limiar da normalidade para este parâmetro em 2%. Entretanto a amostra utilizada em seu estudo foi de adultos jovens. Montagnolli (1998) determinou esse parâmetro em seu estudo sendo calculado como $\mu + 2\sigma$.

O valor médio encontrado para *jitter* foi de 1,21% para a amostra total (N=182). Para os meninos o valor médio encontrado foi 1,29% (N=84) enquanto que para as meninas este valor foi 1,15% (N=98).

Observando-se os gráficos para o *jitter* (Figuras 21 e 22) nota-se que os valores médios não são um bom indicativo do valor real de *jitter* nestas amostras. Note que o *jitter* está fortemente concentrado na faixa de $0 \leftrightarrow 1\%$. Aproximadamente 82% dos indivíduos apresentam *jitter* nesta faixa. A distribuição exponencial apresentada contém um forte declive a partir de 1%.

As figuras 22, 23 e 24 abaixo mostram a distribuição de *jitter* em histograma respectivamente para as crianças de ambos os gêneros, meninos e meninas.

Figura 22: Histograma do *jitter* entre os gêneros.

Figura 23: Histograma do *jitter* dos meninos

Figura 24: Histograma do *jitter* das meninas.

SHIMMER

O *shimmer* avalia a perturbação da amplitude do sinal. Calcula-se o parâmetro pela mesma fórmula substituindo-se o período pela amplitude do sinal. Montagnolli (1998) em seu estudo determinou o limiar da normalidade para este parâmetro em 8%, contudo a população utilizada em seu estudo foi de adultos jovens.

O valor médio encontrado para *shimmer* foi de 7,01% para a amostra total (N=182). Para os meninos o valor médio encontrado foi 6,66% (N=84) enquanto que para as meninas este valor foi 7,31% (N=98).

Para os meninos, nota-se que 89% da amostra situa-se entre 2 e 10% sendo que a maior concentração está em 5% (aproximadamente 39%) e para as meninas o nível de *shimmer* é o mesmo (5%) com concentração de aproximadamente 35% neste nível.

As figuras 25, 26 e 27 abaixo mostram a distribuição do *shimmer* em forma de histograma, respectivamente para ambos os gêneros, meninos e meninas.

Figura 25: Histograma do *shimmer* entre os gêneros.

Figura 26: Histograma do *shimmer* dos meninos.

Figura 27: Histograma do *shimmer* das meninas.

A tabela 3 mostra os valores dos dados estatísticos descritos para o *shimmer*, respectivamente, para meninos, meninas e a amostra total.

Tabela 3: Resultados Estatísticos do *shimmer*.

Gênero	Média Estimada	Erro padrão	Mediana	Desvio Padrão	Variância	Assimetria	Curtose
♂ (N=84)	6,66	0,39	5,76	± 3,57	12,76	1,97	4,90
♀ (N=98)	7,31	0,36	6,38	± 3,53	12,48	1,66	3,14
♂+♀ (N=182)	7,01	0,26	6,09	±3,56	12,65	1,76	3,69

SFR – SUAVIDADE ESPECTRAL DO RESÍDUO

A suavidade espectral (SF) é uma medida da variação espectral do sinal, ou seja, está relacionado á variação das amplitudes das componentes espectrais do sinal. Quando este parâmetro é aplicado ao sinal residual temos a suavidade espectral do resíduo (SFR), o qual nos fornece informações do pulso glotal (SANTOS, 2005). Montagnolli (1998) em seu estudo determinou o limiar da normalidade para este parâmetro em -5 dB. Entretanto a amostra utilizada em seu estudo foi de adultos jovens.

Encontramos para este grupo de crianças (N=182) o valor de -9,53 dB para o SFR. No grupo de meninos o valor médio do SFR foi -9,61 dB e no grupo das meninas o foi -9,46 dB.

As figuras 28, 29 e 30 mostram a distribuição em forma de histograma do SRF para ambos os gêneros, meninos e meninas, respectivamente.

Figura 28: Histograma do SFR de ambos os gêneros.

Figura 29: Histograma do SFR dos meninos.

Figura 30: Histograma do SFR das meninas.

A tabela 4 os valores dos dados estatísticos descritos para o SFR de meninos, meninas e amostra total, respectivamente.

Tabela 4: Resultados Estatísticos do SFR.

Faixa Etária	Média Estimada	Erro padrão	Mediana	Desvio Padrão	Variância	Assimetria	Curtose
♂ (N=84)	-9,61	0,21	-9,63	± 1,94	3,77	-0,20	0,06
♀ (N=98)	-9,46	0,18	-9,56	± 1,79	3,20	0,03	-0,51
♂+♀ (N=182)	-9,53	0,14	-9,60	±1,35	3,45	-0,09	-0,18

SFF – SUAVIDADE ESPECTRAL DO FILTRO

A Suavidade Espectral do Filtro inverso quantifica a suavidade das componentes espectrais relativas aos lábios, trato vocal e glote. O parâmetro SFF avalia as ressonâncias do trato vocal, ou seja, é uma medida quantitativa da atuação do trato vocal (SANTOS, 2005). Montagnolli (1998) em seu estudo determinou o limiar da normalidade para este parâmetro em -5 dB. Entretanto a amostra utilizada em seu estudo foi de adultos jovens.

A média encontrada para o SFF na população infantil estudada (N=182) foi -11,09 dB. Na amostra de meninos (N=84) obtivemos média do SFF igual a -11,19 dB. Na amostra de meninas (N=98) a média do SFF foi -11,02 dB.

Observe dos gráficos que a ocorrência de crianças com -10dB de SFF prevalece sobre as demais. Assim nesta faixa etária o SFF igual a 10 parece ser uma predominância muito forte.

As figuras 31, 32 e 33 mostram a distribuição do SFF em forma de histogramas em ambos os gêneros, meninos e meninas, respectivamente.

Figura 31: Histograma do SFF de ambos os gêneros.

Figura 32: Histograma do SFF dos meninos.

Figura 33: Histograma do SFF das meninas.

A tabela 5 os valores dos dados estatísticos descritos para o SFF de meninos, meninas e amostra total, respectivamente.

Tabela 5: Resultados Estatísticos do SFF.

Faixa Etária	Média Estimada	Erro padrão	Mediana	Desvio Padrão	Variância	Assimetria	Curtose
♂ (N=84)	-11,19	0,24	-11,17	± 2,20	4,88	0,15	-0,21
♀ (N=98)	-11,02	0,21	-10,95	± 2,14	4,56	0,10	-0,39
♂+♀ (N=182)	-11,09	0,16	-11,06	±2,17	4,69	0,10	-0,33

PA – AMPLITUDE DO *PITCH*

A Amplitude do *Pitch* ou Índice de Vocalização é a medida que corresponde à mediana da amplitude do segundo pico da autocorrelação do sinal residual. Este parâmetro aproxima-se de 1(um) para sinais sonoros ideais, está entre zero (0) e um (1) para sinais com algum ruído e é zero (0) para sinais fricativos (SANTOS, 2005). Montagnolli (1998) em seu estudo determinou o limiar da normalidade para este parâmetro em 0,3. Entretanto a amostra utilizada em seu estudo foi de adultos jovens.

A média de PA encontrada nessa amostra de população infantil estudada (N=182) foi 0,55. Na amostra de meninos (N=84) a média foi de 0,55. Nas meninas (N=98) a média de PA foi 0,54.

As figuras 34, 35 e 36 mostram a distribuição em forma de histograma do PA em ambos os gêneros, meninos e meninas, respectivamente.

Figura 34: Histograma do PA de ambos os gêneros.

Figura 35 : Histograma do PA dos meninos.

Figura 36: Histograma do PA das meninas.

A tabela 6 os valores dos dados estatísticos descritos para o PA de meninos, meninas e da amostra total, respectivamente.

Tabela 6: Resultados Estatísticos do PA.

Gênero	Média Estimada	Erro padrão	Mediana	Desvio Padrão	Variância	Assimetria	Curtose
♂ (N=84)	0,55	0,01	0,56	± 0,12	0,01	-0,40	-0,28
♀ (N=98)	0,54	0,01	0,55	± 0,11	0,01	-0,21	-0,63
♂+♀ (N=182)	0,55	0,01	0,56	± 0,11	0,01	-0,31	-0,44

EX – COEFICIENTE DE EXCESSO

O Coeficiente de Excesso é uma medida da forma de distribuição de amplitudes do sinal residual. É um correlato estatístico da razão sinal/ruído. O valor estabelecido como limiar para adultos jovens foi de 2,0 (MONTAGNOLLI, 1998), entretanto a amostra utilizada em seu estudo foi de adultos jovens.

A média do EX na população infantil (N=182) estudada foi 7,46. Na amostra de meninos (N=84) a média de EX foi 7,69. Nas meninas (N=98) a média de EX foi igual a 7,25.

As figuras 37, 38 e 39 demonstram a distribuição de EX em forma de histograma em meninos e meninas, respectivamente.

Figura 37: Histograma do EX de ambos os gêneros.

Figura 38: Histograma do EX nos meninos.

Figura 39: Histograma do EX das meninas.

A tabela 7 os valores dos dados estatísticos descritos para o EX de meninos e meninas, respectivamente.

Tabela 7: Resultados Estatísticos do EX.

Gênero	Média Estimada	Erro padrão	Mediana	Desvio Padrão	Variância	Assimetria	Curtose
♂ (N=84)	7,69	0,42	7,32	± 3,93	15,42	1,22	2,84
♀ (N=98)	7,25	0,32	6,86	± 3,17	10,03	0,59	0,27
♂+♀ (N=182)	7,46	0,26	7,12	± 3,53	12,54	1,02	2,26

DISCUSSÃO

5 – DISCUSSÃO

5.1 – Quanto à avaliação perceptivo-auditiva

Neste estudo pudemos verificar mais uma vez as características perceptivo-auditivas presentes na voz de crianças em fase escolar. Vimos que a disfonia ou voz adaptada incide nessa população, porém, como não foram feitos exames laringoscópicos, não temos como afirmar se a criança tem alguma patologia vocal instalada ou não. Não houve queixas quanto a problemas de voz das crianças pelos pais, contudo, conforme (TEIXEIRA et al., 2003) raramente estes percebem diferenças nas vozes dos filhos. De uma forma geral, a amostra de crianças avaliadas e consideradas com voz normal nesse estudo apresentaram rouquidão, sopro e aspereza na voz. Esses dados obtidos concordam com a literatura pesquisada quanto à incidência dessas peculiaridades na infância (WILSON, 1994; BEHLAU, 1995; HIRSCHBERG, 1995; STEMPLER, 1996; ZAFARRI, FEIJÓ, SCALCO, 1999; FREITAS et al., 2000; NIEDZIELSKA et al., 2001; BEHLAU, AZEVEDO, PONTES, 2001; FABIANO, BRASOLOTTO, 2001; MARTINS, TRINDADE, 2003; MARINHO et al., 2003; AZEVEDO, 2004; BEHLAU, 2005).

5.2 – Quanto aos parâmetros acústicos

Para fins de comparação dos parâmetros acústicos a tabela 8 mostra os resultados obtidos nesta pesquisa além dos resultados presentes na literatura no que se refere a adultos jovens e idosos. Nesta tabela estão listados os parâmetros por gênero e também o total.

Tabela 8: Resultados dos Parâmetros Acústicos das vozes de crianças, jovens e idosos, de ambos os gêneros, feita no programa Análise de Voz.

Parâmetros Acústicos	Crianças			Adultos (ANDRADE, 2003)			Idosos (SANTOS, 2005)		
	♂	♀	(♂+♀)	♂	♀	(♂+♀)	♂	♀	(♂+♀)
F0 (Hz)	241,96	233,04	237,15	128,65	209,61	---	120,30	186,95	---
Jitter (%)	1,29	1,15	1,21	---	---	1,99	0,94	0,60	0,77
Shimmer (%)	6,66	7,31	7,01	---	---	9,17	6,17	4,83	5,5
SFR (dB)	-9,61	-9,46	-9,53	---	---	-10,91	-7,49	-10,26	-8,87
SFF (dB)	-11,19	-11,02	-11,09	---	---	-12,73	-16,01	-13,68	-14,85
PA	0,55	0,54	0,55	---	---	0,57	0,40	0,53	0,47
EX	7,69	7,25	7,46	---	---	9,5	13,76	12,23	12,99

Frequência Fundamental

A F0 avalia o número de ciclos do pulso glotal que ocorrem por segundo (SANTOS, 2005).

Os resultados deste estudo ao que se refere à frequência fundamental (F0) das crianças difere discretamente quando comparada com os dados disponíveis na literatura estudada. Nesse estudo, na amostra total a média da F0 foi 237,15 Hz $\pm$ 31,39. Behlau (2001) pontuou valores aproximados a 290 Hz para crianças até a pré-adolescência. Dedivitis, Barros (2002) colocaram como valor de referência acima 250 Hz para crianças. Linders (1995) em seu estudo com crianças de ambos os gêneros de 7 a 15 anos encontrou a média da F0 sendo 244 Hz nas meninas e 250 Hz nos meninos. Mortari (1990) em seu estudo com escolares de 7 a 12 anos encontrou valores de 217 Hz $\pm$ 24 Hz em meninos de 7 a 9 anos e 227 Hz $\pm$ 16 Hz em meninas da mesma idade. Marinho (2003) em sua amostra de pré-escolares de 5 e 6 anos verificou média de F0 igual a 263,07 Hz nas meninas e 266,21 Hz nos meninos.

Percebe-se que numericamente a gama de variação é relativamente grande, no entanto esta dispersão não é tão perceptível nas avaliações subjetivas. Ainda este estudo revelou que o limiar inferior estabelecido na literatura para a F0 das crianças (250 Hz) é menor do que se supunha, situando na faixa de 237 Hz sem perder as características de voz infantil.

Quando comparamos a frequência fundamental dos grupos de crianças, adultos e idosos vemos que a amostra infantil possui F0 mais elevada, concordando com a literatura que relata a diminuição de F0 com o aumento da idade (ARONSON, 1990; BOONE, 1994;

MORTARI, 1990; SILVA E DE BIASE, 2000; BEHLAU, 2001; ANDRADE, 2003; AZEVEDO, 2004; SANTOS, 2005).

As variações percentuais no grupo masculino são 88% entre crianças e adultos e 7% entre adultos e idosos. A grande variação encontrada entre crianças e adultos deve-se principalmente ao processo de muda vocal. No que se refere à mudança de F0 entre adultos jovens e idosos a variação não foi significativa. Isto pode ser explicado pela amostra de idosos utilizada que apresentou grande concentração de indivíduos com idades entre 50 e 80 anos. Tem sido reportado na literatura que a variação mais acentuada na frequência fundamental de vozes masculina ocorra a partir dos 80 anos.

Para as vozes femininas as variações foram 11,18% entre crianças e adultas jovens e 12,12% entre adultas e idosas. O discreto processo de muda vocal nas vozes femininas não influencia de maneira acentuada a frequência fundamental das vozes, mantendo uma variação constante ao longo da vida.

Jitter

Quanto ao que se refere ao *jitter* (variação da frequência) observamos que na amostra infantil feminina a média foi 1,15% e nos meninos este valor foi 1,29%. Considerando-se ambos, o valor médio obtido foi 1,21%. Ressalte-se que em 82% da amostra este valor se concentrou na faixa de 0↔1%, ainda se desprezarmos os 10% da amostra que apresentaram níveis mais elevados, o valor médio do *jitter* será 0,73%. Linders et al. (1995) fez a mensuração de *jitter* em 71 crianças de ambos os gêneros entre 7 e 15 anos e verificou o valor médio de *jitter* nas meninas sendo 9,7% e nos meninos 10,3%. Niedzielska (2001) em seu estudo com 112 crianças onde entre elas havia patologias como

nódulo, papilomatose, refluxo e doenças atópicas, encontrou o valor de *jitter* sendo 0,43% no grupo controle de 31 crianças que não tinham desordem vocal. Behlau, Pontes, Tosi (1984) realizaram um estudo com 30 crianças paulistas com vozes normais, de 8 a 12 anos e verificaram que apresentaram valores baixos de *jitter* (2,3%). Dejonckere et al.(1996) investigou a média de *jitter* em 81 crianças de ambos os gêneros com idade entre 7 e 12 anos, sendo 43 com treinamento vocal e 38 sem treinamento vocal. Na população de crianças com treinamento vocal o *jitter* foi $3,0 \pm 1,5$ e as crianças não treinadas vocalmente $5,9 \pm 5,2$. Steffen, Moschetti (1997) pesquisando 131 vozes normais e 117 disfônicas encontraram que, tanto em crianças com vozes normais, quanto em disfônicas, na idade de 6 a 10 anos, os valores de *jitter*, na média se encontram baixos e se mantêm dentro do limite de normalidade para adultos, isto é, inferior a 0,5%.

Os resultados obtidos para o *jitter* mostram-se dentro da ampla gama de valores reportados na literatura, porém, os valores são significativamente menores que a maioria dos trabalhos. Se considerarmos os valores de 90% da amostra, o *jitter* médio obtido foi de 0,73%.

Na comparação entre as diferentes faixas etárias Andrade (2003), em seu estudo com 130 adultos de 21 a 45 anos, de ambos os gêneros verificou que a média de *jitter* dos mesmos foi 1,99%, havendo maior concentração (70,8% da amostra) de valores abaixo de 3% sendo este foi o valor adotado como limiar de normalidade da população adulta. Em se considerando o limiar de normalidade dos adultos podemos perceber que o valor de média da população infantil está dentro da normalidade, porém, quando consideramos as particularidades anátomo-fisiológicas existentes nas diferentes idades (crianças e adultos) (KYRILLOS, 1995; HERSAN, 1998; ZEMLIN, 2000; SAPIENZA, RUDY, BAKER,

2004) verificamos a necessidade de se determinar um limiar característico para essa faixa etária. Considerando-se a distribuição encontrada e a alta incidência de indivíduos com *jitter* entre 0 e 1%, propomos o limiar deste parâmetro sendo 1% para esta faixa etária. Em relação ao estudo de Santos (2005) que estudou 180 idosos de ambos os gêneros, vemos que a média de *jitter* dessa população é de 0,77%. Embora o valor médio para o *jitter* encontrado neste trabalho tenha sido 1,21%, consideram-se os resultados equivalentes quando são analisadas as distribuições das frequências relativas, pois esta base de comparação se mostra mais robusta que o valor médio. A faixa etária de 5 a 10 anos é o pico de incidência de disfonias já que na pré-escola, por ser o período em que inicia um maior contato social e de exposição ao mundo, a criança emprega a voz como principal meio de expandir-se, utilizando-a, freqüentemente, de maneira exacerbada, podendo ocasionar patologias de prega vocal.(STEMPLE, 1996; ARONSON, 1990; SATALLOF, 1997; ZAFFARI, FEIJÓ, SCALCO, 1999; DELLA VIA 2000; BEHLAU, 2001; PINHO, 2001; NIEDZIELSKA et al., 2001; FABIANO E BRASOLOTTO 2001; MARTINS, TRINDADE, 2003; MARINHO et al., 2003; AZEVEDO, 2004; BEHLAU,2005).

Shimmer

Quanto ao *shimmer* (variação da amplitude) foi observado que a amostra infantil total desse estudo obteve valor da média igual a 7,01%. Para o grupo feminino a média foi 7,31% enquanto no masculino este valor foi de 6,66%; sendo que 74% da amostra se concentrou entre 5% a 8% de *shimmer*. Behlau, Pontes e Tosi (1984) realizaram um estudo com 30 crianças paulistas com vozes normais, de 8 a 12 anos e verificaram o *shimmer* com valor de 2,5%. Steffen, Moschetti (1997) pesquisaram 131 vozes normais e 117 disfônicas

encontraram que, tanto em crianças com vozes normais, quanto em disfônicas, na idade de 6 a 10 anos, a média dos valores de *shimmer* foi determinada como alterada, em comparação com os valores dos adultos, isto é, superior a 3,0 %. Niedzielska (2001) em seu estudo com 112 crianças onde entre elas haviam patologias como nódulo, papilomatose, refluxo e doenças atópicas, encontrou o valor de *shimmer* sendo 4,07% no grupo controle de 31 crianças que não tinham desordem vocal.

Neste trabalho propõe-se como limiar de normalidade do *shimmer* a de 8%. Considera-se este valor característico devido à constituição diferenciada das pregas vocais infantis, apresentando maior indefinição dos tecidos além de maior vascularização (BEHLAU, PONTES, 1995; KYRILLOS, 1995; HERSAN, 1998; ZEMLIN, 2000; SAPIENZA, RUDY, BAKER, 2004).

Comparando as médias de *shimmer* entre as diferentes faixas etárias observamos que na amostra infantil desse estudo a média total foi 7,01% com maior concentração entre 5% e 8%. Andrade (2003) em seu estudo com 130 adultos de 21 a 45 anos, de ambos os gêneros, verificou que a média de *shimmer* dos mesmos foi 9,17%, havendo maior concentração (75,4% da amostra) de valores abaixo de 10% sendo este valor adotado como limiar da população adulta. Comparando o limiar de normalidade dos adultos podemos perceber que o valor de média da população infantil está dentro da normalidade, porém, quando consideramos mais uma vez as peculiaridades anátomo-fisiológicas existentes nas diferentes idades (crianças e adultos) (KYRILLOS, 1995; HERSAN, 1998; ZEMLIN, 2000; SAPIENZA, RUDY, BAKER, 2004) verificamos a necessidade de se determinar um limiar diferente para essa faixa etária, sendo este valor o de 8% já que mais de 70% da amostra de crianças se concentrou abaixo deste valor.

Em relação ao estudo de Santos (2005) que estudou 180 idosos de ambos os gêneros, vemos que a média de *shimmer* para a população feminina é 4,83%, enquanto a população masculina apresentou 6,17%. Neste trabalho estes valores são 7,31% e 6,66% respectivamente. Embora se espera um menor valor para o *shimmer* na infância, devido ao maior estiramento das pregas vocais decorrente da ansiedade inerente nesta faixa etária, os valores encontrados são opostos ao esperado. Uma vez mais este resultado pode encontrar explicação na constituição das pregas vocais nas diferentes faixas etárias (KYRILLOS, 1995; HERSAN, 1998; ZEMLIN, 2000; SAPIENZA, RUDY, BAKER, 2004). Como já mencionado, a faixa etária de 5 a 10 anos é o pico de incidência de disfonias já que a pré-escola, por ser o período em que inicia uma maior contato social e se expõe ao mundo, a criança emprega a voz como principal meio de expandir-se, utilizando-a, freqüentemente, de maneira exacerbada, podendo ocasionar patologias de prega vocal e, assim, pior qualidade da voz (STEMPLE, 1996; ARONSON, 1990; SATALLOF, 1997; ZAFFARI, FEIJÓ, SCALCO, 1999; DELLA VIA 2000; BEHLAU, 2001; PINHO, 2001; NIEDZIELSKA et al., 2001; FABIANO, BRASOLOTTO 2001; MARTINS E TRINDADE, 2003; MARINHO et al., 2003).

SFR (Suavidade Espectral do Resíduo)

A suavidade espectral do resíduo (SFR) avalia o decaimento do espectro do pulso glotal. Em consequência traz informações sobre a forma de onda do pulso glótico (SANTOS, 2005).

Não foram encontrados estudos relacionados a este parâmetro em vozes infantis. Quando comparamos nossos achados com outras faixas etárias observamos que a média do

SFR na amostra total infantil foi -9,53 dB, sendo menor que a média encontrada em adultos -10,91 dB (ANDRADE, 2003) e maior que a média encontrada em idosos sendo de -8,87 dB (SANTOS, 2005). A maior intensidade do SFR infantil em relação ao adulto jovem se deve ao desenvolvimento das pregas atingir seu melhor desempenho na idade adulta. Já na senescência, as pregas se tornam menos flexíveis prejudicando o contorno do pulso glotal. A prega vocal da criança é imatura comparada a do adulto (KYRILLOS, 1995; BEHLAU et al., 2001; ANDRADE, 2003; SAPIENZA, RUDY, BAKER, 2004; SANTOS, 2005), já as pregas vocais do idoso, assim como outras estruturas do corpo, podem sofrer ação do envelhecimento que conseqüentemente influenciam na diminuição da movimentação das articulações laríngeas (VANZELLA, SANTOS, PEREIRA, 2004; SANTOS, 2005).

O total da amostra apresentou valores de SFR menores que -6 dB, sendo este o valor de limiar da normalidade proposto nesta faixa etária.

SFF (Suavidade Espectral do Filtro)

O SFF avalia as ressonâncias do trato vocal, ou seja, é uma medida quantitativa da atuação do trato vocal na equalização do pulso glotal (SANTOS, 2005).

Não foram encontrados estudos relacionados a esse parâmetro em vozes infantis. A média do SFF na amostra total infantil foi -10,78 dB com maior prevalência das crianças em -10dB.

Assim nesta faixa etária o SFF igual a -6 dB pode ser considerado o limiar, já que o total da amostra apresentou valores menores que este.

Comparando os resultados deste estudo que obteve média igual -10,78 dB aos resultados de adultos que teve média igual -12,73 dB (ANDRADE, 2003) e idosos com

média igual a -14,85 dB (SANTOS, 2005), podemos observar que o SFF aumenta com o passar da idade. Este resultado pode ser explicado pelas condições da ressonância do trato vocal que se altera conforme vão ocorrendo mudanças anatômicas naturais do aparelho fonador com o passar da idade, o que interfere diretamente no componente ressonantal da voz (KYRILLOS, 1995; BEHLAU, 2001; AZEVEDO, 2004; SAPIENZA, RUDY, BAKER, 2004; SANTOS, 2005).

PA (Amplitude do *Pitch*)

Parâmetro acústico que avalia o índice de vocalização. Na presença de aspereza ou soprosidade na voz, o valor do PA diminui significativamente. Isto se deve ao fato de que por meio deste parâmetro é possível verificar os efeitos de uma patologia sobre a vocalização. O valor de PA é baixo ou não pode ser medido se o sinal da voz tem baixa intensidade, percebendo-se uma alta quantidade de ruído (MONTAGNOLI, PEREIRA, 1999).

Não foram encontrados na literatura estudos similares que descrevessem este parâmetro em vozes infantis.

Ao comparar os resultados deste parâmetro entre as diferentes faixas etárias percebe-se que a média encontrada neste estudo (0,55) não difere da média dos adultos que foi 0,57 (ANDRADE, 2003). Já quando comparamos ao estudo de Santos (2005) que obteve média igual a 0,47, vemos que esta última ficou abaixo do valor de PA das crianças e adultos. No caso dos idosos este fato pode ser justificado devido a rigidez do aparelho fonador, decorrente do processo normal do envelhecimento; a calcificação das cartilagens, a redução da mobilidade, a atrofia e o arqueamento das ppvv podem causar alterações na

produção do pulso glotal, ocasionando maior escape de ar, podendo causar aumento na aspereza da voz (COLTON E CASPER, 1996; DEDIVITIS, BARROS, 2002; SANTOS, 2005).

Na análise das distribuições deste parâmetro tanto para a população feminina quanto para a masculina nota-se 98% da amostra situa-se acima de 0,3, portanto sugerimos este valor como limiar da normalidade.

EX (Coeficiente de Excesso)

O coeficiente de excesso é um correlato estatístico da relação sinal/ruído; quanto maior o seu valor, melhor será a qualidade vocal (MONTAGNOLI, 1999).

Não foram encontrados na literatura estudos similares que descrevessem este parâmetro em vozes infantis.

Comparando as médias de EX entre as diferentes faixas etárias verifica-se que na população infantil estudada este valor foi 7,46 e, no estudo de Andrade (130 adultos de ambos os gêneros) foi 9,5 enquanto no trabalho reportado por Santos (180 idosos de ambos os gêneros) o valor médio obtido foi 12,99. Vê-se que a amostra de crianças teve menor índice evidenciando a presença de ruído no pulso glotal, resultando na soproidade característica desta faixa etária. Esse resultado pode ser justificado pelo modo como as crianças fazem mau uso e/ou abuso vocal que inclui comportamentos nocivos como gritar, falar com intensidade elevada, fazer ruídos e pigarrear que desencadeia as disfonias, além da maior tendência a sofrerem patologias de laringe como o nódulo de prega vocal (CERVANTES, 1995; GRAY et al., 1996; STEMPLER, 1996; ZAFFARI, FEIJÓ, SCALCO, 1999; DELLA VIA, 2000; FREITAS et al., 2000; FABIANO, BRASOLOTTO,

2001; NIEDZIELSKA et al., 2001; JOTZ et al., 2002; MARINHO et al., 2003; SERVILHA, 2004; BEHLAU, 2001; MARTINS, TRINDADE, 2003; BEHLAU, 2005).

Em se considerando a natureza soprosa das vozes infantis e com base na distribuição deste parâmetro na amostra estudada, é proposto como limiar de normalidade o nível 2,0 para o EX nesta faixa etária.

CONCLUSÃO

6 – CONCLUSÃO

A voz infantil, como em qualquer outra faixa etária, tem características singulares devido a anátomo-fisiologia das estruturas dos sistemas da fonação, as quais aliadas ao mau uso e/ou abuso vocal das crianças acarretam na rouquidão e sopro existente na mesma.

A análise dos parâmetros acústicos da voz de crianças em fase escolar feita neste trabalho veio contribuir significativamente para o levantamento de padrões normativos desta faixa etária. Além dos parâmetros já reportados na literatura (Frequência Fundamental, *jitter* e *shimmer*) neste trabalho foram avaliados os parâmetros relativos à qualidade vocal no que concerne ao conteúdo de frequência, isto é, Suavidade Espectral do Resíduo, Suavidade Espectral do Filtro Inverso Glotal, Índice de Vocalização e o Coeficiente de EXcesso. Estas medidas estão sendo descritas pioneiramente na literatura no trabalho com crianças. Com base nos dados adquiridos e no instrumento de avaliação utilizado (Análise de Voz 5.0), são sugeridos limiares de normalidade mais pertinentes à voz infantil. Os valores sugeridos são:

- *Jitter* = 1%;
- *Shimmer* = 8%;
- SFR = - 6dB;
- SFF = - 6dB;
- PA = 0,3;
- EX = 2,0dB.

Dos limiares propostos temos que *shimmer*, PA e EX são idênticos aos limiares para adultos. O *shimmer* e o PA estão relacionados a movimentação das pregas vocais tanto na

periodicidade quanto na amplitude. O EX avalia estatisticamente a relação sinal/ruído e neste trabalho detectou-se o mesmo limiar para adultos e crianças. Uma possível explicação para o fato está baseada nos fatores psicoacústicos da audição. O ouvido humano é mais sensível às componentes de frequência da voz infantil que as presentes na voz adulta. Portanto sinais com mesmo valor para o coeficiente de excesso nestas faixas etárias causam diferentes sensações auditivas, realçando a característica soprosa da voz infantil devido suas altas componentes em frequência.

Já o *jitter* é metade daquele proposto para os adultos, o que pode ser atribuído às características anátomo-fisiológicas relativas a esta faixa etária. Os parâmetros relacionados à suavidade espectral variam demonstrando as diferenças fisiológicas das crianças em relação aos adultos. Um SFR menor está associado a uma distribuição das componentes espectrais mais acentuada ocasionando uma menor qualidade da voz. Quanto ao SFF, esta diminuição está associada ao trato vocal diferenciado, indicando um menor reforço nas componentes espectrais.

Há que se enfatizar o caráter flexível dos limiares propostos. O sinal acústico, bem como o aparato vocal de cada indivíduo, é algo muito complexo e individual. Portanto, a sugestão de limiares não se reveste de valores absolutos, mas indicam horizontes que podem nortear os especialistas da área. O especialista da voz, como já mencionado, deve ser holístico, ver o indivíduo como um todo, levando em conta não só o resultado numérico mas também o seu subjetivo (avaliação perceptivo-auditiva) que é soberano.

O programa Análise de Voz 5.0 é um programa desenvolvido de maneira que profissionais de engenharia e fonoaudiologia trabalham em conjunto para obter resultados cada vez mais fidedignos na interligação das estruturas fonatórias e dos algoritmos que as representam. Essa preocupação é importante, pois a quantidade de softwares de análise

acústica de voz existentes no mercado é imensa e, não raro, as diferenças entre os resultados não são desprezíveis. O especialista necessita de informações coerentes e robustas na avaliação quantitativa da voz. Este programa também deve ser ressaltado, pois foi baseado totalmente em indivíduos brasileiros, isto é, seu banco de dados foi elaborado com amostras do português brasileiro, o que dá mais segurança nos dados obtidos pelo clínico.

Os resultados deste estudo trazem importantes implicações para conhecer a voz infantil de maneira mais profunda, ajudar na elaboração de programas de prevenção e tratamento da voz e disfonias infantis, além de levantar padrões de normalidade dessa população.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

7 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE, L. M. O. **Determinação dos limiares de normalidade dos parâmetros acústicos da voz.** 2003. 50f. Dissertação. Interunidades em Bioengenharia, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2003.

- ANDRADE, L. M. O.; VIEIRA, J. M.; RAZERA, D. E.; GUERRA, A. C.; PEREIRA, J. C. Medidas de perturbações da voz: um novo enfoque. **Revista Brasileira de Fonoaudiologia.** v. 2, n. 2, p.39-46, 2002.

- ANDREWS, M. L. - **Terapia vocal para crianças: os primeiros anos escolares.** Porto Alegre, Artes Médicas, 1998, 240p.

- ANGELIS, E. C.; CERVANTES, O.; ABRAHÃO, M. Necessidade de medidas objetivas da função vocal. In: FERREIRA, L. P.; COSTA, H. O. **Voz Ativa:** falando sobre a clínica fonoaudiológica. São Paulo: Roca, 2001, p. 53 -72.

- ARAÚJO, S. A. **Análise acústica da voz normal.** 1999. Dissertação de Mestrado, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 1999.

- ARONSON, A. E. Normal voice development. In: **Clinical voice disorders.** New York: Thieme, 1990, p.39-51.

- AZEVEDO, R. Procedimentos terapêuticos na disfonia – enfoque terapêutico. In: FERREIRA, L. P.; BEFI-LOPES, D. M.; LIMONGI, S.C.O. **Tratado de Fonoaudiologia**. p. 34 - 41, São Paulo, Roca, 2004.

- BARROS, A. P. B.; CARRARA-DE ANGELIS, E. C. de. Análise acústica da voz. In: DEDIVITIS, R. A.; BARROS, A. P. B. **Métodos de Avaliação e Diagnóstico de Laringe e voz**. São Paulo: Lovise, 2002, p. 201-221.

- BAKEN, R. J.; ORLIKOFF, R. F.; **Clinical measurement of speech and voice**. 2^aed. São Diego, Singular Thomson Leaming, p.225-284, 2000.

- BEHLAU, M. S. O desenvolvimento da voz na criança. **Temas sobre desenvolvimento**, ano 1, n. 3, nov-dez, 1991.

- BEHLAU, M. S. **Voz: o livro do especialista**, v.1. Rio de janeiro: Revinter, 2001.

- BEHLAU, M. S. **Voz: o livro do especialista**, v.2. Rio de janeiro: Revinter, 2005.

- BEHLAU, M. S.; PONTES, P. **Avaliação e Tratamento das Disfonias**. São Paulo: Lovise, 1995.

- BEHLAU, M. S.; TOSI, O.; PONTES, P. A. Determinação da frequência fundamental e suas variações em altura (jitter) e intensidade (shimmer), para falantes do português brasileiro. **Acta AWHO**, v.4, p. 4-5, 1985.

- BIELAMOWICZ, S.; KREIMAN, J.; GERRATT, B.R.; DAUER, M. S.; BERKE, G.S. Comparison of voice analysis systems for perturbation measurement. **Journal of Speech and Hearing**. v. 39, p.126-164, 1996.

- BOONE, D.R.; PLANTE, E. **A comunicação humana e seus distúrbios**. Porto Alegre: Artes Médicas, 5ª ed. 1994.

- BOONE, D. R.; MCFARLANE, S. C. **A Voz e a terapia vocal**. Porto Alegre: Artes Médicas, 5ª ed. 1994.

- CAGLIO, P. C.; GUAICURU, Y.; MARGALL, S.A.C. Caracterização do padrão vocal de crianças com abuso vocal e sem abuso vocal. **CADERNOS**. Centro Universitário São Camilo, v.3, n.2, jul-dez, 1997.

- CASTRO, V. C.; PEGORARO-KROOK, M. I. Características da frequência fundamental de fala de indivíduos do sexo feminino falantes do português brasileiro. **Pró-Fono: Revista de atualização científica**. Carapicuíba, p. 6-2, 1994.

- CAMARGO, Z. Da fonação à articulação – Princípios fisiológicos e acústicos. **Revista Fonoaudiologia Brasil** 2 (2); 14-9, 1999.

- CAMARGO, Z. A.; MADUREIRA, S. Análise acústica: revisão crítica de estudos no campo da disfonia. In: FERREIRA, L.P.; BEFI-LOPES, D.M.; LIMONGI, S.C.O. **Tratado de Fonoaudiologia**. p. 119-126, São Paulo, Roca, 2004.

- CERVANTES O, ABRAHÃO, M. O nódulo vocal – conceitos atuais. **Rev Br Med**, 2:12-7;1995.

- CHILDERS, D. G.; SKINNER, D. P.; KEMERAIT, R. The cepstrum: a guide to processing. **Proceedings of the ieee**. v 65. 10 p.1428-1442, 1977.

- COLTON, R. H.; CASPER, J. K. **Compreendendo os problemas de voz: uma perspectiva fisiológica ao diagnóstico e ao tratamento**. Porto Alegre: Artes Médicas, 1996.

- DAVIS, S. B. Acoustic characteristics of normal and pathological voices. In: Lass, N. J. (Ed) **Speech and Language: Advances in Basic Research and Practice**, vol 1, New York Academic Press, 271-335, 1979.

- DEDIVITIS, R. A.; BARROS, A. P. B. Fisiologia laríngea. In: DEDIVITIS, R. A.; BARROS, A. P. B. **Métodos de Avaliação e Diagnóstico de Laringe e voz**. São Paulo: Lovise, 2002. p. 39-52.

- DELLA VIA, C. **Disfonia infantil: visão dos fonoaudiólogos, otorrinolaringologistas e pediatras**. Monografia. Centro de estudos da Voz (CEV), São Paulo, 2000.

- DEJONCKERE, P. H.; WIENEKE, G. H.; BLOEMENKAMP, D.; LEBACQ, J. F0-perturbation and F0/loudness dynamics in voices of normal children, with and without education in singing. **Int. J. Pediatr. Otorrinolaryngol.** v.35, p.107-115, 1996.

- DOUGLAS, C. R. Fisiologia da laringe: fonação. In: DOUGLAS, C. R. **Tratado de Fisiologia aplicada à Fonoaudiologia**. São Paulo: Robe Editorial, 2002. p. 485-503.

- DOUGLAS, C. R. Envelhecimento: Características e Fisiologia Geral. In: DOUGLAS, C. R. **Tratado de Fisiologia aplicado à Fonoaudiologia**. São Paulo: Robe Editorial, 2002.

- EADIE, T. L.; DOYLE, P. C. Classification of dysphonic voice: acoustic and Auditory-perceptual measures. **Journal of voice**, Article in press, 2005.

- ESKENASI, L.; CHILDERS, D. G.; HICKS, D. M. Acoustic correlates of vocal quality. **Journal of Speech and Hearing Research**, v.33, p. 298-306, 1990.

- FABIANO, S. R. R.; BRASOLOTTO, A.G. Fatores predisponentes e agravantes da disfonia infantil. In: FERREIRA, L.P.; COSTA, H.O. **Voz Ativa: Falando sobre a clínica fonoaudiológica**. p. 159-166, São Paulo, Roca, 2001.

- FANT, G. **Acoustic theory of speech production**. 2.ed. Paris : Mouton, 1970.

- FANT, G. **Speech sounds and features**. Cambridge: MIT Press, 1973.

- FREITAS, M. R.; PELA, S.; GONÇALVES, M. L. R.; FUJITA, R. R.; PONTES, P.A.L. Disfonia Crônica na infância e Adolescência: Estudo Retrospectivo. **Rev. Bras. Otorrinolaringol.** V. 66 (5), set-out, 2000.

- FREITAS, M. R.; WECKX, L .L. M.; PONTES, P. A. L. Disfonia na infância. **Rev. Bras. Otorrinolaringol.** v.66(3), maio – Jun, 2000.

- FUKUYAMA, E. E. Análise acústica da voz captada na faringe próximo à fonte glótica através de microfone acoplado ao fibrolaringoscópio. **Rev. Bras. Otorrinolaringol.** v.67, n.6, 776-86, nov-dez, 2001.

- GLANTZ, S. A. **Primer of Bio-Statistic.** 3^{rs} ed. San Francisco: McGraw Hill, Inc, 1992, p. 67-109.

- GRAY, S. D.; SMITH, M.E.; SCHNEIDER, H. – Voice disorders in children. **Pediatric. Clin. North Am**, 43(6):1357-84, 1996.

- HERSAN, R. C. P. G. - A laringe infantil. In: PINHO, S. M. R. **Fundamentos em fonoaudiologia: tratando os distúrbios da voz.** Ed. Guanabara Koogan, Rio de Janeiro, pp. 5764, RJ, 1998.

- HIRSCHBERG, J.; DEJONCKERE, P.H.; HIRANO, M. et al. – Voice disorders in children. **Int. J. Pediatr. Otorhinolryngol.**,32:S109-25, 1995.

- HORII, Y. Fundamental frequency perturbation observed in sustained phonation. **Journal of Speech and Hearing Research.** v.22, p. 5-19, 1979.

- ISHIZAHA, K.; FLANAGAN, J. L. Synthesis of voice sounds from a two-mass model of the vocal cords. **Bell system technical journal**. v.56, p.889-918, 1972.

- JOTZ, G. P.; CERVANTES, O.; ABRAHÃO, M.; SETTANI, F. A. P.; CARRARA-DE-ANGELIS, E. Noise-to-harmonics ratio as an acoustic measure of voice disorders in boys. **Journal of Voice**, v.16, n.1, p.28-31, 2002.

- KENT, R. D. **The speech sciences**. London: Singular Publishing Group, Inc. 1997.

- KENT, R. D.; READ, C. **The acoustic analysis of speech**. California: Singular Publishing Goup, Inc, 1992.

- KENT, R. D. Vocal tract acoustics. **Journal of Voice**, v. 7, p. 97-117, 1993.

- KILIÇ, M. A.; ORKUR, E.; YILDIRIM, I.; GUZELSOY, S. The prevalence of vocal folds nodules in school age children. **J. Pediatr. Otorrinolaryngol.**, 68, p.409-12, 2004.

- KYRILLOS, L. C. R. Distúrbios da voz em crianças: fatores causais e prevenção. **O Mundo Saúde**, v. 19, n. 5, jn, 1995.

- LEVINE, D. M.; BERENSON, L. M; STEPHAN, D. Resumindo e descrevendo dados numéricos. In: LEVINE, D. M.; BERENSON, L. M.; STEPHAN, D. **Estatística: Teoria e**

aplicações usando o Microsoft Excel em português. Rio de Janeiro: Editora LTC (Livros técnicos e científicos), p.117-166, 2000.

- LINDERS, B.; MASSA, G. G.; BOERSMA, B.; DEJONCKERE, P.H. Fundamental voice frequency and jitter in girls and boys measured with electroglottography: influence of age and height. **J. Pediatr. Otorrinolaryngol.**, 33, p.61-65, 1995.

- MARINHO, J. S.; BORGES, A. N.; SILVESTRE, K. R. B. S.; RAMOS, S. M. Frequencia fundamental de crianças de 5-6 anos antes e depois do intervalo escolar. **Estudos Goiânia**. v.30, n.7, p.1763-78, jul, 2003.

- MARTIN, D.; FITCH, J.; WOLFE, V. Pathologic voice type and the acoustic prediction of severity. **Journal of Speech and Hearing Research** v.38, p. 765-771, 1995.

- MARTINS, R. H. G.; TRINDADE, S. H. K. A criança disfônica: diagnóstico, tratamento e evolução clínica. **Rev. Bras. Otorrinolaringol.** v.69 n.6. São Paulo. nov./dez. 2003.

- MELO, E.C.M; MATTIOLI, F. M.;BRASIL, O.C.O.; BEHLAU, M.; PITALUGA, A.C.A.; MELO, D. M. Disfonia infantil: aspectos epidemiológicos. **Rev. Bras. Otorrinolaringol.** v.67, n.6, São Paulo, nov. 2001.

- MONTAGNOLI, A. N. **Análise Residual do sinal de voz.** São Carlos. Dissertação de Mestrado. Dissertação de Mestrado. Universidade de São Paulo – Campus de São Carlos, 1998.

- MORRISON, M.; RAMMAGE. L. Voice disorders in the elderly. In: MORRISON, M.; RAMMAGE. L. **The management of voice disorders**. 4. ed. San Diego, Singular Publishing Group Inc., 1994, cap.8, p. 141-149.

- MORTARI, A. L. **Análise instrumental da frequência fundamental e da intensidade da voz de crianças e adolescentes**. Dissertação Mestrado, 59f, Pontífica Universidade Católica, São Paulo, 1990.

- NEMR, K.; AMAR, A.; ABRAHÃO, M.; LEITE, G. C. A.; KÖHLE, J.; SANTOS, A. O.; CORREA, L. A. C. Análise comparativa entre avaliação fonoaudiológica perceptivo-auditiva, análise acústica e laringoscopias indiretas para avaliação vocal em população com queixa vocal. **Rev Bras Otorrinolaringol**. v.71, n.1, 13-7, jan./fev. 2005.

- NEMETZ, M. A.; PONTES, P. A. L.; VIEIRA, V. P.; YAZAKI, R. K. Configuração das pregas vestibulares à fonação em adultos com e sem disfonia. **Rev Bras Otorrinolaringol**. v.71, n.1, 6-12, jan./fev. 2005.

- NIEDZIELSKA, G.; GLIJER, E.; NIEDZIELSKI, A. Acoustic analysis of voice in children with noduli vocales. **J. Pediatr. Otorrinolaryngol.**, 60, p.119-122, 2001.

- NIEDZIELSKA, G. Acoustic analysis in the diagnosis of voice disorders in children. **J. Pediatr. Otorrinolaryngol.**, 57, p.189-193, 2001.

- PEREIRA, J. C.; MONTAGNOLI, A. N. **Análise acústica do sinal de voz.** 1999. Apostila do Curso de análise acústica de voz da Escola de Engenharia de São Carlos - Universidade de São Paulo - Campus de São Carlos, 1999.

- PINHO, S. M. R. **Fundamentos em Fonoaudiologia:** Tratando os distúrbios da voz. Rio de Janeiro: Guanabara-Koogan, 1998.

- PINHO, S. M. R. **Tópicos em voz.** Rio de Janeiro: Guanabara-Koogan, 2001.

- PONTES, P. A. L.; VIEIRA, V.P.; GONÇALVES, M. I. R. ; PONTES, A.A.L. Características das vozes roucas, ásperas e normais: análise acústica espectrográfica comparativa. **Rev. Bras. Otorrinolaringol.** v.68, n.2, São Paulo mar./abr, 2002.

- READ, C.; BUDER, E. H.; KENT, R. D. Speech analysis systems: an evaluation, **Journal of Speech and Hearing Research.** v. 35, 1992, p. 314– 332.

- ROBERT, R. SOKAL. F. **Biometry: The Principles and Practice of Statistics in Biological Research.** 2nd ed. New York: W. H. Freeman e Company, 1981.

- SANTOS, I. R.; **Análise acústica da voz de indivíduos na terceira idade.** 185f. **Dissertação Mestrado.** Interunidades em Bioengenharia, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2005.

- SAPIENZA, C. M.; RUDDY, B. H.; BAKER, S. Laryngeal Structure and Function in the Pediatric Larynx: Clinical Applications. **Language, speech, and hearing services in schools**. vol. 35, p. 299-307, oct, 2004.

- SATALOFF, R. T.; SPIEGEL, J. R.; ROSEN, D. C. The effects of age on the voice. In: SATALOFF, R. T (ed). **Professional voice. The science and art of clinical care**. 2a. ed. San Diego: Singular, 1997, p. 259-67.

- SERVILHA, E. A. M. Voz na infância. In: FERREIRA, L. P.; BEFI-LOPES, D. M.; LIMONGI, S.C.O. **Tratado de Fonoaudiologia**. p. 119-126, São Paulo, Roca, 2004.

- SILVA, M.C.; DE BIASE, N. Estudo da frequência fundamental da voz em mulheres jovens com síndrome pré-menstrual. **Distúrbios da Comunicação**, São Paulo, 11(2): 301-311, jun, 2000.

- SMITS, I.; CEUPPENS, P.; DE BODT, M. S. A comparative study of acoustic voice measurements by means of Dr. Speech and Computerized Speech Lab. **Journal of Voice**, v.19, n.2, 2005.

- STEFFEN, N.; MOSCHETTI, M. B. Parâmetros Acústicos de Jitter e ShiMMER de 248 Crianças de 6 a 10 anos, Estudantes de Porto Alegre. **Rev. Bras. Otorrinolaringol**, v.63(4), jul – ago, 1997.

- STEFFEN, N.; MOSCHETTI, M. B.; WOLFF, C.; DOSSIN, L.; MOUSSALE, M.; KEIL, D. T. - Frequência Fundamental de 131 Crianças de 6 a 10 Anos Estudantes de Porto Alegre Relacionada com Idade, Peso, Altura e Superfície Corporal. Porto Alegre/RS. **Anais**. Trabalho realizado na Clínica do Dr. Nédio Steffen, apresentado no II Curso de Atualização de Especialidades Médicas em Pediatria, Hospital São Lucas (PUC), Setembro de 1996.

- STEMPLE, J. C.; GLAZE, L. E. GERDEMAN, B. K. **Clinical Voice Pathology: Theory and Management**. 2 ed. 1996. California: Singular Publishing Group, Inc. 1996.

- TAKAHASHI, H. E.; KOIKE, Y. Some perceptual and acoustic correlates of pathologic voices. **Acta Oto-laryngologica**. Suppl. 338, p.1-25, 1975.

- TEIXEIRA, M. Z. M.; TREZZA, E. M. C.; BEHLAU, M. Opinião dos pais sobre a voz de seus filhos de 5 a 12 anos. **Rev Paul Pediatria**, v.21, n.2, jun, 2003.

- VANZELLA, T.P.; ROSA, I.S.; PEREIRA, J.C. Comparação dos espectros acústicos de crianças, adultos jovens e idosos. **Anais**. 4º. Encontro de Bioengenharia – ENCOBIO – Programa de Pós-Graduação em Interunidades em Bioengenharia Sessão de temas-livres, dez, 2004.

- VIEIRA, S. **Estatística Experimental**. 2 ed. São Paulo: Editora Atlas. 1999.

- VON BERG, S.; MCFARLANE, S. C.; Childhood Voice Disorders: Tell Me Something I Don't Know. **Language, speech, and hearing services in schools**. vol. 35, p.297-298, Oct, 2004.

- WILSON, K. **Problemas de voz em crianças**. 3 ed, Manole, p. 301-27, 1994.

- YANAGIHARA, N - Significance of harmonic changes and noise components in hoarseness. **Journal of Speech and Hearing Research**, n.10, p. 531-41, 1967.

- ZAR, J. H. **Biostatistical Analysis**. New Jersey: Prentice-Hall, Inc. Second Edition, 1984, p. 1-148.

- ZAFFARI, R.; FEIJÓ, A. SCALCO, M. Estudo da intensidade vocal habitual em uma amostra de crianças de 4 a 6 anos. **Pró-fono**, v. 11, n.1, p. 94-99, 1999.

- ZEMLIN, W.R. **Princípios de anatomia e fisiologia em fonoaudiologia**. 4ª ed., Artmed, Porto Alegre, 2000.

ANEXOS

CARTA DE INFORMAÇÃO AO PACIENTE

Título do Projeto: " Normatização dos parâmetros acústicos vocais em crianças em idade escolar".

Autora: Fga. Thais Peres Vanzella

Orientador: Prof. Dr. José Carlos Pereira.

O objetivo da pesquisa é realizar um levantamento dos parâmetros acústicos vocais de crianças na idade escolar, a fim de obter padrões normativos da população infantil. Pesquisaremos ainda a utilização da voz pelas crianças nas atividades diárias que realizam, o estado de saúde geral e suas correlações com a voz.

Utilizaremos como procedimentos uma entrevista inicial levantando dados acerca da utilização da voz. Posteriormente será realizada uma avaliação perceptivo-auditiva, com o intuito de caracterizar o comportamento vocal. O último procedimento a ser realizado será a avaliação acústica das vozes, utilizando uma vogal sustentada /a/, essa gravação será procedida em ambiente silencioso e serão analisados por meio de um software de computador.

O procedimento acima não é invasivo, não causará nenhum dano à saúde física e mental do paciente e seus riscos são próximos de zero. A participação, neste estudo, contribuirá para o conhecimento dos programas de análise de voz computadorizada, o que virá auxiliar no processo terapêutico dos pacientes. Este estudo permitirá melhor reflexão sobre procedimentos de diagnósticos e garantindo maior efetividade na reabilitação vocal.

O responsável pelo menor será informado quanto aos resultados das avaliações, tendo a garantia de receber resposta a qualquer pergunta ou esclarecimento a qualquer dúvida acerca dos procedimentos, riscos, benefícios e outros assuntos relacionados com a

pesquisa e ao seu tratamento. O responsável terá a liberdade de retirar seu consentimento a qualquer momento e deixar de submeter o menor a participar do estudo, sem a necessidade de expor as razões.

Toda informação obtida decorrente desse projeto de pesquisa fará parte do seu prontuário de pesquisa e ficarão em sigilo de informação. O nome do participante será preservado nos resultados ou informações que forem utilizados para fins de publicação científica.

São Carlos, _____ de _____ de 200__.

Responsável pelo participante

Fga. Thais Peres Vanzella

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Pelo presente instrumento que atende às exigências legais, o Sr. (a)

portador da cédula de identidade _____, responsável por

_____, após leitura minuciosa da CARTA DE
INFORMAÇÃO AO PACIENTE, devidamente explicada pelos profissionais em seus
mínimos detalhes, ciente dos serviços e procedimentos aos quais será submetido, não
restando quaisquer dúvidas a respeito do lido e explicado, firma seu CONSENTIMENTO
LIVRE E ESCLARECIDO concordando em permitir o menor da pesquisa proposta.

Fica claro que a criança ou seu representante legal, pode a qualquer momento retirar seu
CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO e deixar de participar desta pesquisa
e ciente de que todas as informações prestadas tornaram-se confidenciais e guardadas
por força de sigilo profissional.

Por estarem de acordo assinam o presente termo.

São Carlos, _____ de _____ de 200__.

Assinatura do Participante

Fga. Thais Peres Vanzella

CRFa. 12.180- TERMO DE CONSENTIMENTO PÓS - INFORMAÇÃO

Eu, _____, confirmo que a fonoaudióloga, aluna do curso de mestrado em Bioengenharia, Thais Peres Vanzella, explicou o objetivo do estudo "**Normatização dos parametros acústicos vocais em crianças em idade escolar**" e os procedimentos aos quais submeterei _____, os riscos e benefícios advindos desse projeto de pesquisa. Eu li e compreendi esse formulário de consentimento e estou de pleno acordo na participação deste menor neste estudo.

São Carlos, _____ de _____ de 200__.

Assinatura do responsável