DEBORA GODOY GALDINO

**ANÁLISE ACÚSTICA NÃO LINEAR DOS
PADRÕES VISUAIS DE DINÂMICA VOCAL
(PVDV) DE HOMENS ADULTOS**

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 a obtenção do título de mestre em Ciências.

Área de Concentração: Bioengenharia

Orientadora: Profa. Dra. Lúcia Cristina da Silva Teles

São Carlos,
2012

AUTORIZO A REPRODUÇÃO E DIVULGAÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTE TRABALHO, POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA FINS DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE.

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

G149a Galdino, Debora Godoy
 Análise acústica não linear dos padrões visuais de
dinâmica vocal (PVDV) de homens adultos / Debora Godoy
Galdino ; orientadora Lúcia Cristina da Silva Teles. --
São Carlos, 2012.

 Dissertação (Mestrado-Programa de Pós-Graduação de
Interunidades em Bioengenharia e Área de Concentração 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, 2012.

 1. Voz. 2. Qualidade de voz. 3. Dinâmica não linear.
4. Acústica da fala. I. Título.

Programa de Pós-Graduação Interunidades em Bioengenharia
EESC / FMRP / IQSC

DÉBORA GODOY GALDINO

Título: "Análise acústica não linear dos padrões visuais de dinâmica vocal (PVDV) de homens adultos"

DISSERTAÇÃO APRESENTADA AO PROGRAMA DE PÓS - GRADUAÇÃO INTERUNIDADES BIOENGENHARIA EESC - FMRP - IQSC DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO PARA OBTENÇÃO DO TÍTULO DE MESTRE EM CIÊNCIAS NA ÁREA DE BIOENGENHARIA.

Aprovado em: 14 / 9 / 12

PROF^a. DR^a. LÍDIA CRISTINA DA SILVA TELES
(ORIENTADORA)

Faculdade de odontologia de Bauru - USP

Resultado: Aprovada

Assinatura: [assinatura]

PROF^o. DR^o. ARLINDO NETO MONTAGNOLI

Universidade Federal de São Carlos-UFSCar

Resultado: Aprovada

Assinatura: [assinatura]

PROF^a. DR^a ELIANA MARIA GRADIM FABRON

Faculdade de Filosofia e Ciências -UNESP

Resultado: Aprovada

Assinatura: [assinatura]

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho primeiramente à Deus, por estar sempre presente em todos os momentos da minha vida.

À minha mãe e meu pai, pelo total apoio, e por sempre acreditarem em meu potencial, investindo suas forças para me possibilitar um bom crescimento pessoal e intelectual o que foi essencial para que eu vencesse mais esta etapa da minha vida.

Ao meu marido, por ser meu amor, companheiro e amigo. Por todo o carinho e compreensão.

AGRADECIMENTOS

À Deus, pelo maravilhoso dom da vida.

À minha querida orientadora, Profa. Dra. Lídia Cristina da Silva Teles, que sempre esteve disposta a me ajudar e apoiar, sempre com muita paciência, carinho e alegria. Por possibilitar nestes 2 anos meu crescimento intelectual e científico.

À Universidade de São Paulo, pela formação consolidada e ensino de excelência em minha graduação e pós-graduação.

Aos funcionários da Clínica de Fonoaudiologia da Faculdade de Odontologia de Bauru, pela atenção e ajuda fornecida.

Às fonoaudiólogas, Iara, Carla, Perla e Renata, por me ajudarem nas avaliações das vozes. Obrigada pelo tempo investido em meu trabalho, sempre com carinho e dedicação.

À todos funcionários, professores e amigos pós-graduandos da Bioengenharia. Aos meus amigos Lucas, Fernanda, Kelly, Danilo, Thiago, Camila e Paula, muito obrigada pela amizade e apoio.

À fonoaudióloga Maria Eugênia Dajer, por me ajudar com as análises não lineares sempre com disposição e carinho.

Aos homens voluntários desta pesquisa, pelo tempo e atenção dedicado.

Aos professores que participaram da minha banca, obrigada pelas sugestões valiosas.

À Prefeitura de Presidente Epitácio, a qual trabalho, pela oportunidade oferecida. Ao meu querido chefe e meus queridos amigos da secretaria de educação, Maristela, Thais, Edna e Helenrose. Aos meus amigos do Centro Social, Michele e Lucas, por fazerem do meu dia-a-dia mais alegre e divertido.

Aos meus pais, Martha e Paulo, pelo apoio, amor, conselhos e suporte. Ao meu irmão Eduardo, pela amizade e carinho. Amo vocês.

Ao meu marido, Felipe Galdino, por todo amor e compreensão. Amo você. Aos meus sogros, Genira e Cláudio, pelo apoio, amizade e ajuda sempre que precisei.

À todos meus amigos de Prudente, Bauru, Agudos e São Carlos, pela amizade, apoio e por torcerem pela minha vitória. Vocês são muito importante em minha vida, muito obrigada.

Agradeço a todos que de alguma maneira contribuíram para o desenvolvimento deste trabalho direta ou indiretamente, os meus sinceros agradecimentos.

“É necessário ter o caos cá dentro para gerar uma estrela.”

Friedrich Nietzsche

RESUMO

GALDINO, D. G. **Análise acústica não linear dos padrões visuais de dinâmica vocal (PVDV) de homens adultos**. 2012. 72 f. Dissertação (mestrado) – Programa de Pós-Graduação Interunidades Bioengenharia - EESC/FMRP/IQSC, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2012.

O objetivo deste trabalho foi descrever a dinâmica não linear das vozes de homens adultos sem queixas vocais por meio dos padrões visuais de dinâmica vocal (PVDV). Participaram 77 homens falantes nativos do português brasileiro com idades entre 20 a 40 anos (média 30 anos $\pm$ 5,54 anos). Para análise não linear foi adotado o método de reconstrução do espaço de fase e gerado um gráfico bidimensional a partir de uma rotina desenvolvida no *MatLab*® 10.0. Este gráfico foi analisado qualitativamente pela técnica dos PVDV que considera três aspectos da configuração: número de laços das órbitas, regularidade e espaçamento dos traçados. Cada aspecto foi classificado em uma escala de 4 a 0, da melhor para a pior configuração. Todos os indivíduos apresentaram qualidade de voz adaptada na variabilidade normal de acordo com os resultados da avaliação perceptivo-auditiva pelo protocolo CAPE-V e da análise acústica pelo programa MDVP– *Kay Pentax*. A avaliação do protocolo CAPE-V apresentou média de 18,07mm ($\pm$ 4,14mm), no grau geral da vogal /a/. Na avaliação acústica as médias foram de 125,44Hz ($\pm$ 20,78Hz) para F0; 0,85% ($\pm$ 0,64%) para *jitter*, 3,23% ($\pm$ 1,75%) para *shimmer* e 0,13 ($\pm$ 0,02) para NHR. Os resultados da dinâmica não linear por meio dos PVDV se mostrou com número de laços em grau 4 (85,71% com média de 3,84 $\pm$ 0,40), regularidade em grau 3 e 4 (ambos com 40,26% e média de 3,12 $\pm$ 0,95) e espaçamento em grau 3 (58,44% e média de 2,95 $\pm$ 0,76). Concluiu-se que os PVDV da vogal /a/ de homens adultos brasileiros com vozes adaptadas dentro da variabilidade normal apresentou padrão visual caracterizado em sua maioria por presença de 4 ou mais laços, traçados regulares ou com discretas irregularidades e com espaçamento entre as linhas de médio a pequeno.

PALAVRAS-CHAVE: Voz, Qualidade da Voz, Dinâmica Não Linear, Acústica da Fala.

ABSTRACT

GALDINO, D. G. **Nonlinear acoustic analysis of the vocal dynamic visual patterns (PVDV) in adults male**. 2012. 72 f. Dissertação (mestrado) – Programa de Pós-Graduação Interunidades Bioengenharia - EESC/FMRP/IQSC, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2012.

This work intended to describe the nonlinear dynamics of voices from adult men without vocal complaints using a qualitative analysis of Vocal Dynamics Visual Pattern (VDVP). 77 men speakers of Brazilian Portuguese, aged between 20-40 years old (mean 30 years ± 5.54 years), participated. For the nonlinear analysis a Phase Space Reconstruction was adopted and a two-dimensional graphic was generated from a routine developed on MatLab® 10.0. This graphic was qualitatively analyzed by a VDVP technique, which considers three aspects of the configuration: orbits loop numbers, regularity and spacing of the traces. Each aspect was classified in a scale ranging from 4 to 0, from the better to the worst configuration. All subjects had voice quality adapted on normal variability according to the results of the perceptual evaluation protocol for CAPE-V and acoustic analysis by the program MDVP Kay-Pentax. The perceptual analysis using CAPE-V protocol showed an average of 18,07mm ($\pm 4,14$ mm), in Overall Severity of vowel /a/. On the acoustic analysis, means of 125,44Hz ($\pm 20,78$ Hz) to F0; 0,85% ($\pm 0,64$ %) for jitter; 3,23% ($\pm 1,75$ %) for shimmer and 0,13 ($\pm 0,02$) for NHR using MDVP program. The results of nonlinear dynamics through PVDV proved with the number of loops in degree 4 (85.71% with a mean of 3.84 ± 0.40), regularity in degree 3 and 4 (both with 40.26% and mean of 3.12 ± 0.95) and degree 3 in spacing (58.44% and mean 2.95 ± 0.76). It was concluded that PVDV of the vowel / a / of adult males Brazilians with adapted voices on the normal variability presented visual pattern characterized mostly by the presence of 4 or more loops, regular tracings or with discrete irregularities and spacing between lines of medium to small.

KEYWORDS: Voice, Voice Quality, Nonlinear Dynamics, Speech Acoustics.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Exemplos de classificação do número de laços dos gráficos dos PVDV obtidos neste estudo. A) grau 4; B) grau 3 e C) grau 2.....33

Figura 2 - Exemplos de classificação da regularidade dos traçados dos gráficos dos PVDV. A) grau 4, irregularidade discreta única; B) grau 3, irregularidade discreta intermitente; C) grau 2, irregularidade moderada global; D) grau 1, irregularidade severa única; E) grau 0, irregular severa global.....34

Figura 3- Exemplos de classificação do espaçamento dos traçados dos gráficos dos PVDV. A) grau 4, pequeno; B) grau 3, médio a pequeno; C) grau 2 médio; D) grau 1, médio a grande; E) grau 0, grande.....35

Figura 4- Valores da mediana, máximos e mínimos, primeiros e terceiros quartis medidos em milímetros, do grau geral, rugosidade, sopro e tensão vocais do protocolo CAPE-V para vogal sustentada /a/, fala espontânea e leitura de frases dos homens participantes deste estudo.38

Figura 5 - Médias, desvio padrões e valores máximos e mínimos da avaliação dos PVDV referente ao número de laços das órbitas, regularidade e espaçamento dos traçados dos homens participantes deste estudo.40

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Classificação dos graus dos parâmetros dos PVDV, número de laços, regularidade e espaçamento dos traçados.	32
Tabela 2 - Valores da média e desvio padrão (DP), expressos em milímetros, do grau geral, rugosidade, sopro e tensão vocais do protocolo CAPE-V para a vogal sustentada /a/, fala espontânea e leitura de frases dos homens participantes deste estudo.....	37
Tabela 3 - Valores do Coeficiente de Correlação Interclasse (CCI) dos três avaliadores para o protocolo CAPE-V, quanto ao grau geral, rugosidade, sopro e tensão vocais para a vogal /a/, fala espontânea e frases e interpretação segundo Fleiss (1986).	38
Tabela 4 - Valores da média, desvio padrão, máximo e mínimo da frequência fundamental (F0), expressa em Hz, Jitter e Shimmer, expressos em porcentagem, e proporção harmônico ruído (NHR) dos homens participantes deste estudo.	39
Tabela 5 - Valores da média, desvio padrões, máximo e mínimo dos graus dos PVDV quanto ao número de laços, regularidade e espaçamento dos traçados dos homens participantes deste estudo.	39
Tabela 6 - Porcentagem e número de ocorrência dos graus dos PVDV quanto ao número de laços, regularidade e espaçamento dos traçados dos homens participantes deste estudo.	40
Tabela 7 - Resultados do Coeficiente de Correlação Interclasse (CCI) e interpretação segundo Fleiss (1986) dos três parâmetros avaliados nos PVDV para número de laços, regularidade e espaçamento dos traçados.	41

LISTA DE SIGLAS

CAPE-V	<i>Consensus Auditory–Perceptual Evaluation of Voice</i>
CCI	Coeficiente de correlação interclasse
dB	Intensidade em <i>Decibel</i>
F0	Frequência fundamental
Hz	Frequência vocal em <i>Hertz</i>
MDVP	Multi-Dimensional Voice Program
NHR	Proporção harmônico-ruído
PVDV	Padrões visuais de dinâmica vocal

SUMÁRIO

1 – INTRODUÇÃO	11
2 – OBJETIVO.....	13
3 - REVISÃO DA LITERATURA	14
3.1 - ANÁLISE NÃO LINEAR.....	14
3.3 - AVALIAÇÃO ACÚSTICA DA VOZ.....	25
3.4 - AVALIAÇÃO PERCEPTIVO-AUDITIVA DA VOZ	27
4 – MATERIAIS E MÉTODOS.....	29
4.1 – CONSIDERAÇÃO ÉTICA.....	29
4.2 - CASUÍSTICA	29
4.3 – GRAVAÇÕES DOS SINAIS DE VOZ.....	30
4.4 - AVALIAÇÃO PERCEPTIVO-AUDITIVA.....	30
4.5 - ANÁLISE ACÚSTICA.....	31
4.6 - ANÁLISE QUALITATIVA DOS PADRÕES VISUAIS DE DINÂMICA VOCAL (PVDV)	31
4.7 – ANÁLISE ESTATÍSTICA DOS DADOS.....	36
5 – RESULTADOS	37
5.1 – ANÁLISE PERCEPTIVO-AUDITIVA DO PROTOCOLO CAPE-V	37
5.2 – ANÁLISE ACÚSTICA.....	39
5.3 – ANÁLISE QUALITATIVA DOS PVDV	39
6 – DISCUSSÃO	42
7 – CONCLUSÃO.....	46
8 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	47
APÊNDICES.....	53
APÊNDICE A.....	54
APÊNDICE B.....	55
ANEXOS.....	68
ANEXO A	69
ANEXO B	70

1 – INTRODUÇÃO

A avaliação fonoaudiológica da voz permite ao clínico compreender o perfil vocal de um sujeito e cria bases para o diagnóstico e tratamento dos distúrbios da voz humana. Diversos procedimentos são utilizados na avaliação da voz como as avaliações perceptivo-auditiva que são subjetivas e as medidas acústicas que são objetivas. Estes dois procedimentos clínicos se complementam no processo de diagnóstico.

A avaliação perceptivo-auditiva é realizada pela escuta da voz por um avaliador treinado e é fundamental na clínica fonoaudiológica, pois suas vantagens não se limitam apenas na rapidez e economia. Apesar da sua subjetividade, o ouvido humano ainda é o principal instrumento de avaliação da voz pois tem uma sensibilidade única e identifica certas características vocais que nenhum programa consegue mensurar. Essa ferramenta possui uma grande acessibilidade e é muito utilizada no dia-a-dia da clínica fonoaudiológica. A fim de minimizar a subjetividade desta avaliação, vários protocolos e escalas foram propostos para padronizar os parâmetros a serem avaliados.

Outro procedimento importante na avaliação da voz humana é a análise acústica dos parâmetros vocais. Esta análise é realizada por meio de equipamentos e programas computacionais que fornecem ao clínico dados objetivos e quantificados do sinal de voz. A difusão da análise acústica é grande, pois hoje existem muitos programas gratuitos na internet. Apesar das vantagens oferecidas pela análise acústica cabe ressaltar que nos casos em que a voz encontra-se muito alterada, como nas disfonias, seus resultados podem não ser confiáveis. Isto ocorre pois, os programas de análise acústica da voz são desenvolvidos para sinais periódicos e quanto maior o grau de comprometimento da qualidade vocal maior aperiodicidade do sinal. Sabe-se que a voz humana é uma onda complexa e quase periódica, mesmo nas vozes consideradas normais há o componente caótico presente.

Mediante esta limitação da análise acústica tradicional, muitos estudos surgiram a fim de avaliar a voz na perspectiva da análise não linear. Estes estudos têm demonstrado que a análise não linear é capaz de auxiliar e complementar o

processo de avaliação da voz. Dentre as diversas técnicas e métodos não lineares descritos na literatura, destaca-se o método de reconstrução do espaço de fase, que mostra a dinâmica da vibração das pregas vocais em função do tempo. Esta técnica gera um gráfico bidimensional que representa os padrões visuais de dinâmica vocal (PVDV). A análise qualitativa dos PVDV foi descrita por Dajer, Sobrinho e Pereira (2009) que consideraram os parâmetros número de laços das órbitas, regularidade e convergência dos traçados.

Devido ao surgimento da análise dos PVDV ser recente, ela ainda não está presente na clínica fonoaudiológica, sendo restrita à pequenos grupos de pesquisadores. Os estudos que analisaram os PVDV em sua grande maioria tiveram como foco o processo de disfonia e poucas vozes consideradas adaptadas de indivíduos adultos foram avaliadas. Para que esta ferramenta seja melhor consolidada, é necessário que sejam feitos estudos que visem compreender a dinâmica não linear das vozes adaptadas. Desta forma, este estudo pretende analisar a dinâmica não linear da voz de homens adultos sem queixas vocais pela análise dos PVDV.

2 – OBJETIVO

Este estudo tem como objetivo descrever a dinâmica não linear das vozes adaptadas de homens adultos sem queixas vocais por meio dos Padrões Visuais de Dinâmica Vocal (PVDV).

3 - REVISÃO DA LITERATURA

A avaliação da voz é composta de uma série de procedimentos que tem como principal objetivo conhecer o comportamento vocal de um indivíduo, assim como identificar os fatores causais, desencadeantes e mantenedores de disfonias. Esta avaliação contribui para o diagnóstico diferencial, além de conduzir a conduta terapêutica. Para definir a qualidade vocal utilizam-se escalas perceptivo-auditivas e também medidas acústicas.

3.1 - ANÁLISE NÃO LINEAR

Em 1960, um meteorologista chamado Edward Lorenz desenvolveu modelos computacionais para previsão do tempo. Como a mensuração dos padrões de tempo a longo prazo é algo muito difícil, ainda que se possa isolar os fatores causais de mudanças climáticas, era necessário um modelo mais abrangente. Então, Lorenz escreveu um programa baseado em doze equações simples que, de forma geral, modelava os principais fatores que influenciam o tempo. Ele descobriu que pequenas mudanças ou pequenos erros em um par de variáveis produziam efeitos tremendamente desproporcionais. Sendo que para um pequeno período de tempo não faziam diferença, porém em um longo período as mudanças produziam padrões completamente diferentes. Surge então a “teoria do caos” (PEREIRA JR, 2011).

As teorias não lineares têm sido utilizadas cada vez mais para a interpretação, explicação e previsão dos comportamentos de fenômenos físicos e biológicos. Os modelos não lineares ainda não são capazes de explicar toda complexidade presente nos sistemas humanos e é fundamental que estudos surjam de modo a buscar o refinamento desta ciência. Estes modelos estão ajudando a explicar certos tipos de sistemas, que os modelos tradicionais lineares não explicam. Desta forma, os modelos não lineares têm possibilitado melhor entendimento da natureza dos sistemas dinâmicos e complexos que ocorrem no corpo humano, tanto na saúde como na doença. Estudos de atividades caóticas em sistemas fisiológicos sugerem que mudanças nas medidas da dinâmica não linear podem indicar estados de disfunção fisiológica (JIANG; ZHANG; MCGILLIGAN, 2006). Poon e Merrill (1997)

observaram diminuição da atividade caótica no eletrocardiograma (ECG) de pacientes com insuficiência cardíaca e Hornero et al. (1999) relataram diminuição da atividade caótica no eletroencefalograma (EEG) de pacientes esquizofrênicos quando comparados a pacientes normais. Dessa forma, as técnicas não lineares podem ser aplicadas para o diagnóstico e acompanhamento de distúrbios fisiológicos.

Desde a década de 90, estudos sobre o comportamento não linear presente nas pregas vocais têm sido relatados. Tais estudos foram realizados em modelos computacionais das pregas vocais (AWREJCEWICZ, 1990; TAO et al., 2004), experimentos em laringes excisadas (BERRY; HERZEL; TITZE, 1996; JIANG; ZHANG; FORD, 2003; ZHANG; JIANG, 2008) e a análise da dinâmica não linear da voz humana (MENDEL; HERZEL; WEMKE, 1990; ROBB, 2003) concluindo a presença do componente caótico na voz humana.

Os conceitos da dinâmica não linear melhoram o entendimento dos transtornos vocais, pois fornecem aos clínicos maiores informações sobre a voz humana (TITZE; BAKEN; HERZEL, 1993; JIANG; ZHANG; MCGILLIGAN, 2006).

Os sinais de voz humana podem ser classificados em três tipos. Sinais Tipo 1, que são sinais de vozes normais ou levemente alteradas, sinais Tipo 2 de vozes que contêm modulações fortes ou subharmônicos e sinais Tipo 3 de vozes que são irregulares e aperiódicas (TITZE, 1995). A complexidade de um sinal pode afetar a aplicabilidade dos métodos tradicionais de análise acústica da voz, como *jitter* e *shimmer*, por exemplo. Estas duas medidas de perturbação ciclo a ciclo pressupõem a proximidade do sinal à periodicidade e, portanto, são apropriadas apenas para os sinais de voz do Tipo 1, tendo sua utilidade baixa nos sinais do Tipo 2 e 3 (TITZE, 1995; KARNELL ET AL, 1997; JIANG; ZHANG; MCGILLIGAN, 2006). Desta forma, a análise não linear surge como uma ferramenta para complementação do diagnóstico na maioria das patologias laringeas, pois envolve prejuízo à qualidade da voz (LITTLE et al., 2007).

Rahn et al. (2007) estudaram vozes de pessoas acometidas da doença de Parkinson e que apresentavam comprometimento da qualidade vocal. Os autores relataram que as análises de perturbação utilizadas, *jitter* e *shimmer*, não foram consistentes, pois não apresentaram diferenças significativas entre os grupos. Desta forma, concluíram que a análise não linear pode quantificar estes padrões

aperiódicos, apresentados em patologias graves como no caso da doença de Parkinson, que tem como característica voz com considerável rouquidão.

Jiang et al. (2009) utilizaram a análise acústica tradicional e medidas da dinâmica não linear para estudar vozes de indivíduos com nódulos vocais (21 mulheres de idade variando entre 19 a 59 anos), pólipos (13 homens e 26 mulheres de idade variando entre 27 a 65 anos) e sem alterações laríngeas (4 homens e 17 mulheres com idades variando de 27 a 67 anos). Para a análise acústica tradicional foram utilizadas as medidas de perturbação *jitter*, *shimmer* e sinal ruído obtidos pelos programas MDVP e CSpeech. Na comparação entre os grupos de vozes normais e com pólipos foi encontrada diferença significativa ($p < 0,05$) nos valores de *jitter* e *shimmer*, obtidos a partir do programa MDVP, assim como para as medidas de *jitter* e sinal ruído no programa CSpeech ($p < 0,05$). Não foi encontrada diferença significativa entre os grupos normais e com nódulos. Os valores de *shimmer*, utilizando o programa CSpeech, não apresentaram diferenças significativas em qualquer um dos grupos ($p > 0,05$). Para avaliar a dinâmica não linear, os autores utilizaram a reconstrução do espaço de fase. Os resultados apresentados demonstraram que nas vozes normais as trajetórias eram mais regulares enquanto que nas vozes patológicas se apresentavam com linhas divergentes, dispersas e com padrão irregular. Para quantificar esta irregularidade presente nas trajetórias do espaço de fase, os autores utilizaram um algoritmo proposto por Grassberg e Procaccia (1983), que calcula a dimensão de correlação (D2). Os valores de D2 encontrados nos grupos com nódulos e com pólipos vocais foram significativamente maiores aos do grupo de normais ($p < 0,05$). Os autores concluíram que a dinâmica não linear tem valor potencial para a caracterização das vozes de pacientes com nódulos e pólipos vocais e a combinação das análises acústicas tradicional e da dinâmica não linear pode fornecer mais dados que contribuam para o diagnóstico clínico de vozes com lesão de massa vocal.

Dentre os métodos utilizados para analisar a dinâmica não linear presente na voz, destaca-se a reconstrução do espaço de fase. Em casos de múltiplas variáveis dinâmicas difíceis de serem avaliadas, como o caso da voz humana, é útil utilizar a reconstrução do espaço de fase de um sinal para assim traçar uma série temporal simples. A trajetória no espaço de fase mostra a dinâmica de um sistema: vibrações periódicas produzem uma trajetória fechada, ao passo que as vibrações aperiódicas produzem uma trajetória irregular (JIANG; ZHANG; MCGILLIGAN, 2006).

O método de reconstrução do espaço de fase é obtido por meio da técnica de tempo de atraso e mostra as vibrações das pregas vocais em relação ao tempo. Desta forma, para criar a reconstrução do espaço de fase utiliza-se um vetor de atraso de tempo. Este tempo de atraso é um parâmetro importante na reconstrução de um espaço de fase (JIANG; ZHANG; MCGILLIGAN, 2006; DAJER, 2010). Para estimar o tempo de atraso, utiliza-se o método de informação mútua proposto por Fraser e Swinney (1986). O método de reconstrução do espaço de fase e a técnica de tempo de atraso foram descritos em diversos trabalhos como nos de Jiang, Zhang e McGilligan (2006) e Dajer (2006, 2010).

A configuração dos traçados obtidos pela reconstrução do espaço de fase representa a dinâmica vocal. Estudos relatam que os traçados mais firmes, com maior regularidade, espaçamento e quantidades elevadas de *loops* sugerem maior periodicidade da voz. Este método fornece ao clínico informações importantes e complementares para a análise da voz humana (DAJER; PEREIRA; MACIEL, 2005; JIANG; ZHANG; MCGILLIGAN, 2006; DAJER, 2006; DAJER; PEREIRA; MACIEL, 2007; RAHN et al., 2007; SCALASSARA et al., 2009; JIANG et al., 2009; MACCALLUM et al., 2009; DAJER, 2010; ARIAS-LONDOÑO et al., 2011; YAN et al., 2011).

3.2 - PADRÕES VISUAIS DE DINÂMICA VOCAL (PVDV)

A avaliação qualitativa dos padrões visuais de dinâmica vocal (PVDV) proposta neste estudo faz parte do método de reconstrução do espaço de fase.

No Brasil, um dos primeiros estudos que abordaram a dinâmica não linear foi o de Dajer, Pereira e Maciel (2005), que estudaram vozes de 12 sujeitos normais, sendo 6 homens e 6 mulheres com idade variando entre 19 e 39 anos. Os autores analisaram as vogais /a/, /ε/ e /i/ por meio das análises acústicas tradicional e não linear. Os parâmetros acústicos estudados foram *jitter*, *shimmer*, coeficiente de excesso e *Pitch* amplitude (não foi descrito o programa utilizado). O método de análise não linear adotado foi a reconstrução do espaço de fase, desenvolvido e implementado no MatLab 6.1. Os resultados da reconstrução do espaço de fase mostraram que as trajetórias se convergem e dispersam em momentos diferentes, o que pode sugerir a influência das medidas de perturbação *jitter* e *shimmer* na trajetória dinâmica da voz. Quando os percentuais das medidas de perturbação

eram aumentados, faziam com que as trajetórias ficassem com aspecto mais irregular, disperso e caótico. Os autores relatam que as irregularidades nas órbitas estão supostamente relacionadas a baixos valores de amplitude de *pitch* e coeficiente de excesso. Nos sinais em que *shimmer* era aumentado, as trajetórias se apresentavam homogeneamente separadas e dispersas entre si, entretanto, nos casos de *jitter* elevado, as trajetórias se mostravam alternadas em dispersas e concentradas em regiões diferentes do gráfico. Os autores concluíram que os correlatos estatísticos de sinal-ruído, amplitude de *pitch* e coeficiente de excesso influenciam as trajetórias das órbitas tornando-as irregulares.

Com o objetivo de estabelecer um padrão visual dos sinais de vozes normais por meio do método de reconstrução do espaço de fase, correspondendo-os com as respectivas análises perceptivo-auditiva e acústica tradicional, Dajer (2006) estudou 22 vozes normais, sendo 12 femininas e 10 masculinas com idades variando entre 19 e 39 anos. Para avaliação perceptivo-auditiva adotou o protocolo RASAT (PINHO; PONTES, 2002) e na avaliação acústica utilizou o programa Análise de Voz 5.0 (MONTAGNOLI, 1998), sendo adotados os parâmetros frequência fundamental (F0), *jitter*, *shimmer* e coeficiente de excesso. Na análise não linear dos sinais de voz utilizou o método de reconstrução do espaço de fase, o cálculo da divergência das orbitas e o Máximo Expoente de Lyapunov, sendo estes últimos implementados no MatLab 6.1. Os resultados da análise perceptivo-auditiva apresentaram valores correspondentes aos normais, situados entre 0 e 1. Os valores de *jitter* foram encontrados entre 0,32% e 2,20%, *shimmer* entre 0,85% e 7,50% e coeficiente de excesso entre 16,50dB e 145,20dB. Para avaliar a ferramenta de análise não linear, a autora realizou testes com diferentes tipos de sinais de voz simulados e desta forma estabeleceu como se manifestam as mudanças e os efeitos dos parâmetros F0, *jitter*, *shimmer* e amplitudes dos harmônicos no traçados das órbitas dos atratores no espaço de fase. Desta forma, observou-se que em um sinal artificial com apenas uma frequência e amplitude constante o traçado das órbitas se sobrepõem no espaço. Nestes exemplos, a autora demonstrou que nos casos em que *shimmer* e *jitter* são igualados a 0, observa-se um espaçamento homogêneo nos percursos das órbitas. Em seguida, a autora realizou um teste com aumento de 15% da amplitude do sinal e observou-se que os traçados das órbitas se espalharam de forma proporcional neste sinal, concluindo que esta característica refere-se à presença de *shimmer* em um sinal de

voz. Foi incluído também um sinal de *jitter* de 3,15% para visualizar seu efeito na análise da dinâmica não linear e seu aumento causou contorção e espaçamento nas órbitas, ou seja, as órbitas se convergem e se espalham, de forma alternada no gráfico. A quantidade de harmônicos foi estudada, e observou-se que conforme aumentam os componentes harmônicos, aumenta a quantidade de *loops* ou laços gerados. Esta variação pôde ser vista nas diferentes vogais emitidas, sendo que a vogal /a/ apresentou mais laços em seu padrão visual em relação com as vogais /ε/ e /i/, sendo esta última com apenas um laço. Este estudo, ressaltou que o aumento do coeficiente de excesso causa dispersão irregular no traçado das órbitas, enquanto nos casos de alterações em *shimmer*, a dispersão é mais uniforme. Nos casos em que o *shimmer* era aumentado e o coeficiente de excesso diminuído, a soproisidade foi mais modificada na avaliação perceptivo-auditiva com diminuição da mesma. Nos casos em que houve aumento nos valores de *jitter* de sujeito a sujeito, observou-se também pequeno aumento do grau de aspereza na avaliação perceptivo-auditiva e piora da regularidade dos traçados das órbitas. Em relação à F0, sua mudança não influenciou o padrão do gráfico bidimensional. Desta forma, o estudo concluiu que as avaliações perceptivo-auditiva e a acústica muitas vezes são insuficientes para traçar toda a dinâmica vocal, e a análise não linear faz com que essas alterações encobertas sejam observadas.

Para diferenciar vozes de cantores e não cantores por meio da análise não linear, Dajer, Pereira e Maciel (2007) estudaram 16 vozes, sendo 8 cantores e 8 não cantores, adotando a vogal /i/. Utilizaram o método de reconstrução do espaço de fase implementado e desenvolvido no MatLab 7.0. A análise acústica tradicional foi obtida pelo programa “Análise de Voz 5.0” (MONTAGNOLI, 1998), sendo adotados os parâmetros *jitter*, *shimmer* e coeficiente de excesso. Os padrões visuais da reconstrução do espaço de fase dos grupos foram diferentes entre si. Para determinar as características diferenciadas dos padrões visuais, os autores observaram três parâmetros das trajetórias: número de laços ou *loops*, regularidade dos traçados e convergência dos traçados. No grupo de não cantores, todos apresentaram único laço na trajetória com traçados irregulares e pequenos laços nas extremidades das trajetórias. Nas amostras de vozes de cantores, o gráfico da reconstrução do espaço de fase se mostra com um único laço e traçados regulares, porém também foram encontrados traçados irregulares e complexos. Nas amostras de vozes com valores de *shimmer* alterados, foram observadas divergências nas

órbitas, enquanto que nos casos em que *jitter* era alterado, as trajetórias se mostravam com irregularidades.

Scalassara et al. (2009), estudaram sinais de 48 vozes, sendo 16 normais, 16 com nódulos vocais em diferentes etapas e 16 com edema de Reinke mediante à perspectiva da análise não linear (não foram descritos as idades e sexo das amostras) Estas vozes foram estudadas pela reconstrução do espaço de fase e para isso foram observados três diferentes aspectos da configuração: número de *loops*, regularidade dos traçados e convergência dos traçados. Para a vogal /a/, nas vozes saudáveis, as configurações apresentaram-se em um padrão visual típico, sendo caracterizado por muitas voltas, sendo estas voltas relacionadas com a interação entre a frequência fundamental e as frequências harmônicas do sinal. Os autores descreveram que este elevado número de harmônicos e complexidade do gráfico remetem às características da vogal /a/. Outras características observadas foram as regularidades e convergências nos traçados, sendo maiores nas vozes normais em relação às vozes patológicas.

Em 2009, a técnica de análise qualitativa dos padrões visuais de dinâmica vocal (PVDV) foi assim nomeada no estudo de Dajer, Sobrinho e Pereira que também descreveram uma classificação para cada um dos parâmetros observados. Este estudo analisou vozes de 19 crianças sem queixas vocais, sendo 10 meninas e 9 meninos com idades variando entre 7 a 10 anos (média de 9,30 anos). Para avaliação perceptivo-auditiva foi adotado o protocolo RASAT (PINHO; PONTES, 2002). As medidas acústicas avaliadas *jitter*, *shimmer* e F0. Para análise não linear, foi utilizada a avaliação qualitativa dos padrões visuais de dinâmica vocal (PVDV) que considera três aspectos: quantidade de *loops* ou laços, traçados das órbitas e convergência das órbitas. Para avaliar o grau referente aos *loops*, foi utilizada uma escala de 0 a 4, da pior para a melhor configuração dos traçados, sendo 0 para quando não é possível avaliar o número de *loops*, 1 presença de um *loop*, 2 presença de 2 *loops*, 3 para 3 *loops* e 4 para configurações com 4 ou mais *loops*. Em relação à regularidade dos traçados das órbitas, foi proposta uma escala de 0 a 4, da melhor para a pior configuração dos traçados, sendo 0 para traçados regulares em todo o percurso, 1 para traçado irregular em apenas uma porção, 2 para traçados com mais de uma porção irregular, 3 para traçados com leve irregularidade em todo o percurso e 4 para todo o percurso com traçados irregulares. No aspecto convergência das órbitas, foi proposta uma escala de 0 a 4, da melhor para a pior

configuração, sendo 0 para forte convergência e 1, 2 e 3 trajetórias com convergências intermediárias e grau 4 para fraca convergência onde não é possível nem avaliar a quantidade de *loops*. Este estudo também avaliou os índices de dispersão e seção de Poincaré. Os resultados demonstraram que os valores da avaliação perceptivo-auditiva encontraram-se dentro da normalidade, com resultados situados entre 0 ou 1 para os parâmetros da RASAT (PINHO; PONTES, 2002). Na análise acústica tradicional, os valores encontrados também refletiram a normalidade da amostra. Em relação aos PVDV, no número de *loops* das órbitas, a maioria das crianças apresentou graus 4 e 3, 9 das 19 crianças apresentaram grau 4 e 7 crianças grau 3. Quanto à regularidade dos traçados, 3 crianças apresentaram grau 0, 8 grau 1, 3 grau 2 e 5 crianças grau 3. Na convergência dos traçados, a maioria das crianças (9/19) apresentou grau 1. Na seção de poncaré, a média dos índices de dispersão (DPE) e desvio padrão da dispersão (DPD) obtidos foram respectivamente 0,14 e 0,07. Os autores concluíram que estas ferramentas são promissoras e sugeriram incorporá-las à triagem e avaliação da clínica fonoaudiológica pediátrica. Os autores também relataram que essas técnicas são vantajosas por serem rápidas, econômicas e não invasivas, fornecendo ao avaliador informações importantes e complementares aos dados da avaliação acústica tradicional.

Marrara (2010), utilizou os PVDV para caracterizar a voz de pacientes neurológicos com disfagia. Fizeram parte do estudo cinco indivíduos sem alterações neurológicas, sendo um homem e quatro mulheres com idade média de 28 anos e idades variando entre 22 e 35 anos e 26 pacientes com alterações neurológicas de diferentes etiologias, sendo 16 homens e 10 mulheres com idade média de 53 anos e idades variando entre 21 e 77. Cada sujeito foi analisado antes e após a deglutição de alimentos pastosos e líquidos, por meio de uma escala de avaliação perceptivo-auditiva com os parâmetros rugosidade, tensão, instabilidade e qualidade molhada utilizando as graduações semelhantes às do protocolo GRBAS (SJLF, 1969) em 4 graus. A análise acústica tradicional da frequência fundamental e dos parâmetros de perturbação *jitter* e *shimmer* foi obtida pelo programa Análise de Voz (MONTAGNOLLI, 1998). Para análise não linear, foi utilizada a avaliação dos PVDV decrita por Dajer, Sobrinho e Pereira (2009). Este trabalho também acompanhou a deglutição por meio da videofluoroscopia. Os resultados da análise perceptivo-auditiva indicaram que os parâmetros de tensão e instabilidade foram mais sensíveis

quando houve resíduos e penetração laríngea e nos casos de aspiração, o parâmetro mais sensível foi a rugosidade. A análise acústica tradicional não apresentou diferenças significativas entre os grupos. Para os PVDV, foi verificado que na presença de resíduo, o parâmetro convergência se mostrou aumentado na maior parte dos pacientes; em casos de penetração laríngea, o número de *loops* diminuiu e para casos de aspiração laringotraqueal, houve diminuição do número de *loops* e aumento da convergência. Em relação aos graus encontrados no grupo de referência antes da deglutição, o grau do número de *loops* foi de 3 e 4; na regularidade dos traçados 80% dos indivíduos (4/5) apresentaram traçados regulares e 20% deles (1/5) apresentaram traçado regular com porção irregular e no parâmetro convergência 80% indivíduos (4/5) foram classificados com forte a média e 20% dos indivíduos (1/5) com forte convergência. Sendo assim, a autora concluiu que a técnica dos PVDV associada com a videofluoroscopia da deglutição é útil e não-invasiva para a avaliação fonoaudiológica do paciente com problemas neurológicos.

Em 2010, Dajer avaliou vozes saudáveis e patológicas por meio das análises dos PVDV, acústica e perceptivo-auditiva e correlacionou-as. Foi utilizado um banco de dados composto por 91 sinais de vozes divididos em dois grupos: 46 sinais de vozes normais e 45 sinais de vozes com disfonias. No grupo de vozes normais, dentre os 46 sinais de vozes, 16 pertenciam a adultos jovens sem queixas ou alterações vocais, com idades entre 21 e 45 anos (média de 31,31 anos) e de ambos os sexos, 5 mulheres e 11 homens e os outros 30 sinais de vozes pertenciam a um único indivíduo com 33 anos de idade e sexo masculino em três diferentes posturas corporais. Dentre o grupo de vozes com disfonia, 16 apresentavam Edema de Reinke, 15 nódulos vocais e 14 disfonias orgânicas de origem neurológica. Foi realizada avaliação perceptivo-auditiva dos parâmetros rugosidade, soprosidade, tensão e instabilidade pontuados em escala baseada no protocolo GRBAS de 0 a 3. Os parâmetros da avaliação acústica adotados foram F0, *jitter*, *shimmer* e perturbação de amplitude obtidos pelo programa “Análise de Voz 6.0” (MONTAGNOLLI, 1998). A análise qualitativa dos PVDV avaliou os parâmetros: número de laços ou *loops* das órbitas, regularidade e convergência dos traçados. Em relação à classificação do número de laços, o grau 4 refere-se a 4 ou mais laços, grau 3 a 3 laços, grau 2 a 2 laços, grau 1 a um único laço e grau 0 a casos em que a configuração não permite a visualização da quantidade de laços. Para regularidade

foi proposta uma escala de 5 a 0, da melhor para a pior regularidade: grau 5 corresponde a traçados regulares ao longo de todo o percurso; grau 4 a traçados regulares com uma porção restrita de irregularidade; grau 3 à regularidade intermitente dos traçados; grau 2 a traçados com irregularidade leve global; grau 1 a traçados com irregularidade leve com um ou mais focos de irregularidade ao longo de todo o percurso e grau 0 à irregularidade global dos traçados. O parâmetro convergência dos traçados foi descrito em uma escala de 4 a 0, da maior para a menor convergência, o grau 4 refere-se à forte convergência global, grau 3 convergência alta a média, grau 2 média, grau 1 média a fraca e grau 0 fraca convergência global. Os resultados das avaliações perceptivo-auditiva e acústica das 16 vozes normais confirmaram a normalidade da amostra. No parâmetro laços, todas as 16 vozes normais foram avaliadas com os graus 4 ou 3, sendo que 68,75% (11 indivíduos) apresentaram grau 4 e 31,25% (5 indivíduos) grau 3. Na regularidade, 75% (12 indivíduos) da amostra foi classificada com grau 4, 18,75% (3 indivíduos) grau 5 e 6,25% (1 indivíduo) grau 3. Em relação à convergência dos traçados, 50% (8 indivíduos) da amostra apresentou grau 3, 31,25% (5 indivíduos) grau 4 e 18,75% (3 indivíduos) grau 2. Segundo a autora, a convergência do traçado está diretamente relacionada à periodicidade do sinal e a regularidade do traçado à presença de ruído no sinal de voz. Não foram encontradas correlações significantes entre as avaliações perceptivo-auditiva, acústica e dos PVDV. Segundo a autora, a análise dos PVDV é uma ferramenta promissora, pois leva em consideração os componentes caóticos e determinísticos presentes na voz apresentando uma ferramenta de informação visual que pode ser utilizada como uma complementação dos métodos usados para o diagnóstico da voz.

Dajer, Sobrinho e Pereira (2010) fizeram uma comparação entre vozes normais e com nódulos, por meio das avaliações perceptivo-auditiva, acústica e dos PVDV. Participaram do estudo 10 pessoas (4 mulheres e 6 homens) sem queixas vocais e sem patologia laríngea, com idades variando entre 19 e 39 anos e 10 pessoas (6 mulheres e 4 homens) com nódulos em pregas vocais, com idades variando entre 21 e 40 anos. Foi utilizado o protocolo RASAT (PINHO; PONTES, 2002) para avaliação perceptivo-auditiva da voz. A avaliação acústica tradicional foi realizada pelo programa de voz “Análise de Voz 6.0” (MONTAGNOLI, 1998) e adotadas as medidas de perturbação *jitter* e *shimmer*. Para análise não linear foi utilizada a avaliação qualitativa dos PVDV e a avaliação quantitativa por meio da

secção de Poincaré. Neste estudo, o graus de laços, regularidade e convergência dos traçados foram classificados em escala de 0 a 4, da pior para a melhor configuração dos traçados. No parâmetro número de laços foi definido grau 0 para configuração indefinida, grau 1 para único laço, grau 2 para 2 laços, grau 3 para 3 laços e grau 4 para 4 ou mais laços. Em relação à regularidade, grau 4 para trajetórias completamente regulares e grau 0 para trajetórias completamente irregulares e os graus 3, 2 e 1 descritos para as irregularidades intermediárias. Para convergência dos traçados, grau 4 refere-se a alto grau de convergência e grau 0 baixo grau de convergência, sendo os demais graus intermediários das convergências. Os resultados das avaliações perceptivo-auditiva e acústica para as vozes normais refletiram qualidade vocal normal. No grupo das 10 vozes com nódulos, a maioria apresentou classificação entre 0 e 1 em todos os parâmetros da RASAT. Na avaliação acústica do grupo de vozes com nódulo, os valores de *jitter* e *shimmer* foram aumentados com relação ao grupo de vozes normais com diferença estatisticamente significativa. Em relação aos PVDV, das 10 vozes normais, foram encontrados 8 indivíduos com grau 4 de número de laços, 8 com grau 4 de regularidade e 7 com grau 4 de convergência. Os PVDV do grupo de 10 vozes com nódulos, para número de laços foram encontrados graus 1, 2 e 3 (6, 1 e 3 indivíduos respectivamente); para regularidade graus 2 e 3 (4 e 2 indivíduos respectivamente) sendo que para 4 indivíduos não foram descritos os resultados da regularidade. Quanto à convergência foram encontrados os graus 0, 1, 2 e 3 (1, 7, 1 e 1 indivíduos respectivamente). Os valores da secção de Poincaré na comparação entre os grupos apresentaram diferença estatisticamente significativa. Os autores concluíram que as ferramentas não lineares são eficientes na descrição de vozes normais e com nódulos mostrando-se uma ferramenta promissora para descrever as características dinâmicas da voz.

Dajer et al. (2011), compararam vozes femininas saudáveis e com edema de Reinke, por meio das medidas de perturbação (*jitter* e *shimmer*), F0, análise dos PVDV e secção de Poincaré. Para este estudo participaram 48 mulheres, sendo o primeiro grupo composto por 23 mulheres (idade média de 33 anos) sem queixas vocais e ausência de patologia laríngea e o segundo grupo composto por 25 mulheres (idade média de 37 anos) com edema de Reinke em diferentes estágios de evolução da patologia. Os resultados da análise acústica tradicional por meio da medida de perturbação *jitter*, mostrou diferença significativa ($p=0,05$) entre os dois

grupos. Para a medida de perturbação *shimmer* não houve diferença significativa entre os grupos. Os valores da F0 apresentaram diferença significativa entre os grupos. Em relação aos PVDV, o grupo de mulheres normais apresentaram configurações com graus de número de laços 4 e 3, regularidade com graus 4 e 3 e convergência dos traçados com grau 3. No grupo de mulheres com edema de Reinke, os PVDV apresentaram configuração de laços com graus 1 e 2, regularidade dos traçados com graus 1 e 0 e convergência dos traçados com graus 3 e 1. Os valores da secção de Poincaré apresentaram diferença estatisticamente significativa entre os grupos. Este estudo foi capaz de discriminar, por meio dos PVDV, as vozes com edema de Reinke de vozes normais. Os autores concluíram que a associação da análise das medidas de perturbação convencionais, tais como *jitter* e *shimmer*, com a técnica da avaliação dos PVDV podem fornecer mais informações sobre a voz humana.

3.3 - AVALIAÇÃO ACÚSTICA DA VOZ

A análise acústica da voz foi introduzida no Brasil por volta de 1990 e cada vez mais está presente na realidade fonoaudiológica (BEHLAU et al., 2001). Este tipo de análise de voz têm sido utilizado na prática clínica para enriquecer o diagnóstico e tratamento dos distúrbios da voz. Os laboratórios de voz que pesquisam as características vocais se utilizam de inúmeras medidas acústicas, sendo as principais e mais difundidas as medidas da frequência fundamental (F0), expressa em Hz ou semitom, medidas de perturbação ciclo a ciclo como o *jitter* da frequência, expresso em porcentagem ou Hz, e o *shimmer* da intensidade, expresso em porcentagem ou dB, e as medidas de ruído. Dentre as medidas que avaliam o ruído da voz humana, temos o SNL, *Spectral Noise Level*, que quantifica o ruído originado na turbulência do ar ao nível da glote, o NNE, *Normalized Noise Energy*, índice acústico para estimar ruído devido ao fechamento insuficiente da glote (KASUYA et al., 1986) e a mais utilizada que é a NHR, *Noise to Harmonic Ratio*, índice que relaciona o componente harmônico com o componente ruído.

As medidas acústicas podem variar de acordo com o sexo, a idade, a raça e o programa utilizado para análise de voz (BEBER; CIELO, 2011; BEHLAU et al., 2001; FELIPPE; GRILLO; GRECHI, 2006). Comparações entre resultados de diferentes programas de análise acústica da voz foram realizadas por diversos estudos

(KARNELL; HALL; LANDAHL, 1995; BIELAMOWICZ et al., 1996; SPINELLI; BEHLAU, 2001; SMITS; CEUPPENS; BODT, 2005;) que concluíram que mesmo usando medidas similares, os resultados não são comparáveis. Estas diferenças podem ser justificadas devido aos diferentes algoritmos utilizados na composição do programa, métodos de cálculo, microfones, armazenamento da voz gravada e tipo de sinal de voz.

Na literatura há vários autores que estudaram medidas acústicas de vozes masculinas sem queixas vocais e alterações laríngeas. Dentre eles serão descritos a seguir os que apresentaram resultados da F0, *jitter*, *shimmer* e NHR por meio do programa MDVP em falantes do português brasileiro.

O estudo de Fukuyama (2001) teve como objetivo comparar as medidas acústicas por três diferentes formas de captação, sendo uma com um microfone miniaturizado de aparelho auditivo adaptado junto à extremidade de um fibrolaringoscópio, durante uma laringoscopia direta, outra pelo microfone miniaturizado em posição externa e outra com o microfone Shure Modelo SM48S, tipo dinâmico em posição externa. Para isso, estudou as vogais /a/, /i/ e /u/ por meio do programa de análise acústica MDVP do laboratório de voz CSL, Model 4300B, da Kay PENTAX. As medidas acústicas utilizadas foram: F0 (Hz); Medida de perturbação de frequência fundamental - PPQ(%) Pitch Period Perturbation Quotient; Medida de perturbação de amplitude - APQ(%) Amplitude Perturbation Quotient; Medidas de ruído tais como NHR (Noise to Harmonic Ratio), VTI (Voice Turbulence Index) e SPI (Soft Phonation Index). Participaram do estudo 50 pessoas sem queixas vocais, sendo 25 homens (de 20 a 58 anos com média de 32,96 anos) e 25 mulheres (25 a 40 anos com média de 36,68 anos). Para homens com o microfone Shure na posição externa, as médias da vogal /a/ no valor da F0 foi de 130,19Hz e NHR de 0,14. Os resultados mostraram diferenças estatisticamente significantes entre as diferentes formas de captação em relação à F0 e as medidas de variação de periodicidade de frequência, amplitude e ruído.

Felippe, Grillo e Grechi (2006) realizaram estudo para normatização das medidas acústicas de F0, *jitter*, *shimmer* e proporção harmônico ruído (PHR) em brasileiros adultos com voz normal. Participaram de seu estudo 40 sujeitos, sendo 20 homens e 20 mulheres com idades de 20 a 45 anos sem sinais e sintomas de problemas vocais. Para inclusão dos sujeitos na pesquisa, as vozes passaram por avaliação, com duas fonoaudiólogas que comprovaram a normalidade das vozes. Os

sinais gravados para análise foram as vogais /a/ e /ε/ e o programa de análise acústica foi o CSL-4300 da Kay *PENTAX*. As médias dos resultados encontrados para homens na vogal /a/ foi de: F0 em 119Hz, *jitter* de 0,51%, *shimmer* de 0,29% e PHR de 9,63dB. A diferença nas análises acústicas entre as vogais não foi estatisticamente significativa ($p>0,05$). Os autores ressaltam a importância de padronização para cada programa a ser utilizado, assim como a o idioma e país de origem do sujeito.

Beber (2009), estudou vozes normais de 25 homens brasileiros, com idades entre 20 a 40 anos (média de 28 anos). A análise acústica da voz foi realizada por meio do programa MDVPA da Kay *PENTAX* e analisados os parâmetros acústicos: F0, *jitter*, *shimmer* e NHR. Os resultados obtidos para a vogal /a/ foram: F0 de 120,16Hz ($\pm 23,72$ Hz), *jitter* de 1,51% ($\pm 1,13\%$), *shimmer* de 4,54% ($\pm 4,25\%$) e NHR de 0,18 ($\pm 0,06$). O autor concluiu que as características acústicas de homens jovens adultos apresentaram valores aumentados e fora dos valores da normalidade propostos pelo programa MDVPA, relatando que existiu grande variabilidade dos resultados entre sujeitos.

3.4 - AVALIAÇÃO PERCEPTIVO-AUDITIVA DA VOZ

A análise perceptivo-auditiva da voz, utilizada por fonoaudiólogos na tentativa de diagnosticar os problemas relacionados à voz, é uma avaliação subjetiva que depende do ouvido treinado do avaliador em decorrência de sua experiência profissional. Esta análise é considerada soberana sobre as outras formas de avaliação pois permite a caracterização da qualidade vocal e a quantificação do padrão de desvio vocal (BEHLAU et al., 2001). Qualidade vocal se refere à impressão global de uma voz sem desvios, emitida sem esforço, sem ruído adicional, agradável ao ouvinte, funcionalmente adequada para o sexo, idade e contexto profissional no qual é utilizada (BEHLAU; AZEVEDO; PONTES, 2001).

Diversos protocolos têm sido descritos para a avaliação perceptivo-auditiva da voz, dentre eles o protocolo CAPE-V (*Auditory Perceptual Evaluation of Voice*) que foi proposto pela ASHA em 2003 e é produto da Conferência de Consenso sobre Avaliação Perceptivo-Auditiva da Voz realizada em 2002 pela *University Pittsburg*. De acordo com as determinações da ASHA, o CAPE-V avalia seis parâmetros predeterminados, sendo que o grau de desvio de cada um destes é assinalado em

uma escala analógico-visual linear, com 100mm de extensão, com base nas amostras vocais: vogal /a/ sustentada, leitura de seis frases específicas e fala espontânea. Em 2004, Behlau apresentou a versão traduzida para português da escala CAPE-V, com adaptação das frases apresentadas no protocolo original considerando a fonética da língua portuguesa e também as definições de parâmetros, conforme as determinações de consenso, ou seja, grau de severidade global ou impressão global da alteração vocal; rugosidade ou irregularidade na fonte sonora; soprosidade ou escape de ar audível na voz; tensão; *pitch* (grave ou agudo) e *loudness* (forte ou fraco) da voz. As escalas analógico-visuais são comumente utilizadas para mensuração de fenômenos subjetivos como dor, ansiedade, náusea, fadiga e dispnéia (YAMASAKI et al., 2008). Estas escalas são apresentadas com uma linha de 100mm e o sujeito é orientado a marcar o ponto que corresponde à sensação de uma determinada característica. Para este tipo de análise, a extensão pode ser ancorada com alguma referência ou mesmo aberta (BEHLAU et al., 2001). Estas escalas geralmente são relacionadas aos termos extremos como ausente zero e máximo cem ou mesmo em graus intermediários (GIFT, 1989; CLINE et al., 1992).

Na tentativa de realizar a correspondência entre as escalas analógico-visuais e escalas numéricas, Yamasaki et al. (2008) realizaram um estudo com 211 sujeitos, com faixa etária de 18 a 60 anos, sendo 142 mulheres e 69 homens. O estudo analisou trecho de contagem de 1 a 10 utilizando duas escalas, uma analógico-visual com uma extensão de 100mm no qual o canto extremo à esquerda indica ausência de alteração e o canto extremo direito grau máximo de alteração e uma escala numérica com 4 pontos, sendo 0 para ausência de alteração vocal, 1 para alteração vocal leve, 2 para alteração vocal moderada e 3 para alteração vocal intensa. A correspondência da escala analógico-visual com a escala numérica foi: variabilidade normal de zero a 35,50mm; alterações leves a moderadas de 35,60 a 50,50mm; alterações moderadas a intensas de 50,60 a 90,50 e alterações intensas acima de 90,60mm. Segundo o estudo, a utilização do termo variabilidade normal da qualidade vocal contempla as variações aceitáveis ocorridas nas diversas manifestações de estilo vocal, preferência de uso de voz, caracterização profissional e como um problema vocal de grau leve. Este estudo oferece uma possibilidade de padronização para a avaliação perceptivo-auditiva por meio da escala analógico-visual.

4 – MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 – CONSIDERAÇÃO ÉTICA

Este projeto foi submetido e aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisas da Faculdade de Odontologia de Bauru, sob o processo de nº147/2010 em 28/02/2011 (ANEXO A). Foram respeitados todos os princípios éticos contidos no Art. 29º do código de ética do Fonoaudiólogo e resoluções 196/96 e 257/97 sobre ética em pesquisa com seres humanos. Para o desenvolvimento deste trabalho, contou-se com a participação voluntária dos indivíduos que foram esclarecidos e informados sobre os procedimentos a serem realizados, os objetivos do trabalho assim como a respectiva concordância e a assinatura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (APÊNDICE A).

4.2 - CASUÍSTICA

Participaram deste estudo 77 homens de faixa etária compreendida entre 20 e 40 anos (média 30 anos $\pm 5,54$ anos). Os critérios para exclusão dos participantes foram: ter queixas de voz ou audição, histórico de cirurgia laríngea, ser cantor, ser fumante, fazer uso de álcool diário e não apresentar bom estado de saúde geral. Para esta seleção os indivíduos primeiramente participaram de uma entrevista fonoaudiológica com levantamento dos dados pessoais, vocais e de saúde geral (APÊNDICE B).

Ainda como critério de seleção, todas as vozes foram submetidas à avaliação perceptivo-auditiva pelo protocolo CAPE-V e permaneceram neste estudo apenas aquelas classificadas com todos parâmetros entre 0 e 35,50mm nas três tarefas fonatórias (YAMASAKI et al., 2008).

4.3 – GRAVAÇÕES DOS SINAIS DE VOZ

As gravações das vozes dos indivíduos participantes foram realizadas em sala acústicamente tratada do Laboratório de voz da Clínica de Fonoaudiologia da Faculdade de Odontologia de Bauru – Universidade de São Paulo.

A postura adotada para a gravação foi o indivíduo sentado, tronco reto, costas apoiadas no encosto da cadeira, braços e mãos relaxados sobre as pernas. Para gravação e edição de áudio, foi utilizado o programa profissional *Sound Forge 10.0* da *Sony Pictures Digital Inc.* Os sinais foram gravados a uma taxa de amostragem de 44.100Hz, 16 bits e com um canal (mono). O microfone de cabeça, modelo AKG C444, conectado a uma pré-amplificador estéreo da KAY *PENTAX*, foi ajustado a uma distância de aproximadamente três centímetros da comissura lateral da boca.

Para a gravação dos sinais de voz, foram solicitadas ao indivíduo as seguintes emissões contidas no protocolo CAPE-V: vogal sustentada /a/ de 3 a 5 segundos, trecho de fala espontânea com o conteúdo¹ *“Diga-me o que acha de sua voz”* e *“Fale-me um pouco sobre sua profissão ou como foi seu dia”*, e a leitura das sentenças *“Érica tomou suco de pêra e amora”*, *“Sonia sabe sambar sozinha”*, *“Olha lá o avião azul”*, *“Agora é hora de acabar”*, *“Minha mãe namorou um anjo”*, *“Papai trouxe pipoca quente”*.

4.4 - AVALIAÇÃO PERCEPTIVO-AUDITIVA

Para a avaliação perceptivo-auditiva da voz foi utilizado o protocolo CAPE-V, criado pelo comitê ASHA (2003) e traduzido por Behlau (2004). Esta escala avalia a qualidade vocal através de uma marcação em uma escala visual-analógica de 100mm. O canto esquerdo da régua (0) corresponde à ausência de alteração e o extremo direito (100) às alterações severas de cada parâmetro analisado (ANEXO B).

Neste estudo foram analisados os aspectos vocais: grau geral, rugosidade, soprosidade e tensão. A avaliação perceptivo-auditiva foi realizada por 3 fonoaudiólogos especialistas em voz. Anteriormente à avaliação, foi realizado

¹ As perguntas originais do protocolo CAPE-V *“Fale-me sobre o seu problema de voz”* ou *“Diga-me como está a sua voz”* foram substituídas pois o sujeito da pesquisa não apresenta queixas vocais.

treinamento dos juízes com duração de 30 minutos, com a finalidade de se obter consenso na avaliação dos parâmetros vocais. Em seguida foram apresentadas as amostras das vozes às fonoaudiólogas que realizaram individualmente a análise perceptivo-auditiva do protocolo CAPE-V. Para análise dos resultados foi realizada a média dos valores obtidos dos três avaliadores.

4.5 - ANÁLISE ACÚSTICA

Para a análise acústica tradicional as medidas utilizadas foram: frequência fundamental (F0), expressa em Hz, *jitter* e *shimmer*, expressos em porcentagem e proporção harmônico ruído (NHR). Para a mensuração dos parâmetros acústicos foi utilizado o programa *Multi Dimensional Voice Program (MDVP)* modelo 5105, do Multi Speech 3700 da Kay *PENTAX*. Nesta análise, foi selecionado o trecho de 3 segundos de maior estabilidade do sinal de voz, sendo eliminado o início e o final da emissão da vogal sustentada /a/.

Os valores de normalidade para homens sugerido pelo programa MDVP são: *jitter* 0,59% ($\pm 0,54\%$), *shimmer* 2,52% ($\pm 1,00\%$) e NHR 0,12 ($\pm 0,01$). Os valores de normalidade para a frequência fundamental de homens adultos falantes do português brasileiro é de 113Hz (BEHLAU; PONTES; TOSI, 1985).

4.6 - ANÁLISE QUALITATIVA DOS PADRÕES VISUAIS DE DINÂMICA VOCAL (PVDV)

A análise qualitativa dos padrões visuais de dinâmica vocal (PVDV) é uma das técnicas de análise não linear da voz e foi desenvolvida a partir do método de reconstrução do espaço de fase. Este método representa a vibração das pregas vocais em um gráfico bidimensional, gerado pela rotina de análise não linear, desenvolvida e implementada no *MatLab*® 10.0 a partir do pacote *TISEAN* (HEGGER; KANTZ; SCHREIBER, 1999; DAJER, 2006). A avaliação qualitativa visual deste gráfico foi denominada de Padrões Visuais de Dinâmica Vocal (PVDV) por Dajer, Sobrinho e Pereira (2009).

Os sinais de voz gravados da vogal /a/ dos participantes deste estudo foram enviados para a fonoaudióloga do Laboratório de Processamento de Sinais do Departamento de Engenharia Elétrica da Escola de Engenharia de São Carlos -

Universidade de São Paulo, que gerou os gráficos utilizados para a análise dos PVDV.

A avaliação dos PVDV foi realizada pela adaptação do protocolo proposto por Dajer, Sobrinho e Pereira (2009) que considera três aspectos da configuração: a) número de laços ou *loops* das órbitas; b) regularidade dos traçados e c) espaçamento² dos traçados. Tais aspectos são avaliados em uma escala de 0 a 4, da pior para a melhor configuração dos traçados, respectivamente (Dajer et al., 2011).

Este presente estudo, modificou a descrição para a classificação dos graus referentes à regularidade dos traçados, com o objetivo de diminuir a subjetividade da análise visual dos PVDV. Foram considerados não apenas o número de ocorrência das irregularidades, mas também o grau de severidade das mesmas. Além disso, foi incluída a opção não avaliável aos graus dos parâmetros do PVDV nos casos em que a configuração não permite observar corretamente o número de laços ou a regularidade ou o espaçamento entre os traçados. A classificação dos graus dos parâmetros dos PVDV, número de laços, regularidade e espaçamento dos traçados, estão descritos na Tabela 1.

Tabela 1 - Classificação dos graus dos parâmetros dos PVDV, número de laços, regularidade e espaçamento dos traçados.

Grau	PVDV			
	Número de laços	Regularidade		Espaçamento
0	Ausência de laços	Irregularidade severa	global	Grande
1	1 laço	Irregularidade severa	única ou intermitente	Médio a grande
2	2 laços	Irregularidade moderada	única, intermitente ou global	Médio
3	3 laços	Irregularidade discreta	intermitente ou global	Médio a pequeno
4	4 laços ou mais	Regular/ irregularidade discreta	única	Pequeno
Na	Não avaliável	Não avaliável		Não avaliável

² O termo espaçamento utilizado neste estudo substitui a denominação “convergência” proposta pelos autores (Dajer; Sobrinho; Pereira, 2009) por melhor definir a distância entre os traçados.

Na definição dos PVDV referente ao grau do número de laços, foram considerados apenas os laços possíveis de serem contados no gráfico bidimensional (Figura 1). Em relação à regularidade e espaçamento dos traçados, foram considerados os piores trechos da trajetória (Figuras 2 e 3).

Classificação dos graus de número de laços

Figura 1 - Exemplos de classificação do número de laços dos gráficos dos PVDV obtidos neste estudo. A) grau 4; B) grau 3 e C) grau 2.

Classificação dos graus de regularidade dos traçados

Figura 2 - Exemplos de classificação da regularidade dos traçados dos gráficos dos PVDV. A) grau 4, irregularidade discreta única; B) grau 3, irregularidade discreta intermitente; C) grau 2, irregularidade moderada global; D) grau 1, irregularidade severa única; E) grau 0, irregular severa global.

Classificação dos graus do espaçamento dos traçados

Figura 3- Exemplos de classificação do espaçamento dos traçados dos gráficos dos PVDV. A) grau 4, pequeno; B) grau 3, médio a pequeno; C) grau 2 médio; D) grau 1, médio a grande; E) grau 0, grande.

A avaliação dos PVDV foi realizada por 3 fonoaudiólogos. Anteriormente à avaliação, foi realizado um treinamento dos juízes, com a finalidade de se obter consenso na avaliação dos parâmetros visuais. Após esta etapa, foram apresentados os gráficos bidimensionais e as fonoaudiólogas definiram os graus referentes à quantidade de laços, regularidade dos traçados e espaçamento dos traçados. Ressalta-se que o resultado da avaliação qualitativa foi obtido pelo consenso entre os avaliadores, não necessitando portanto realizar análise estatística inter-juízes. Para a avaliação da confiabilidade dos PVDV, 20% dos gráficos foram reavaliados pelos fonoaudiólogos.

4.7 – ANÁLISE ESTATÍSTICA DOS DADOS

Os resultados obtidos neste estudo foram apresentados em tabelas e gráficos para facilitar a análise e a apresentação. As estatísticas descritivas utilizadas para as diversas variáveis foram: a média e desvio padrão, medianas e quartis, medidas máxima e mínima e porcentagens, quando apropriadas.

O Coeficiente de Correlação Interclasse (CCI) foi utilizado para a análise estatística da confiabilidade das avaliações dos PVDV, para tanto foram repetidas as avaliações de 20% dos gráficos.

O CCI também foi utilizado para a concordância inter-juízes nas avaliações perceptivo-auditivas do CAPE-V.

Os resultados do Coeficiente de Correlação Intraclass foram interpretados a partir dos estudos de Fleiss (1986): valores de menores que 0,40, concordância pobre; valores entre 0,40 e 0,75, concordância satisfatória e acima de 0,75, concordância excelente.

5 – RESULTADOS

5.1 – ANÁLISE PERCEPTIVO-AUDITIVA DO PROTOCOLO CAPE-V

Os resultados da avaliação perceptivo-auditiva do protocolo CAPE-V para vogal sustentada /a/, fala espontânea e leitura de frases dos homens participantes deste estudo estão descritos na Tabela 2.

Tabela 2 - Valores da média e desvio padrão (DP), expressos em milímetros, do grau geral, rugosidade, soproidade e tensão vocais do protocolo CAPE-V para a vogal sustentada /a/, fala espontânea e leitura de frases dos homens participantes deste estudo.

	CAPE-V					
	VOGAL /a/		FALA ESPONTÂNEA		FRASES	
	Média (mm)	DP (mm)	Média (mm)	DP (mm)	Média (mm)	DP (mm)
Grau geral	18,07	4,14	14,29	4,35	12,78	3,88
Rugosidade	12,75	4,69	9,37	3,83	7,74	3,27
Soproidade	9,80	4,37	5,87	2,67	5,04	2,64
Tensão	8,06	3,41	5,13	2,00	4,49	1,73

Os valores da mediana, máximos e mínimos, primeiros e terceiros quartis obtidos do protocolo CAPE-V na vogal sustentada, fala espontânea e leitura das frases nos parâmetros: grau geral, rugosidade, soproidade e tensão estão representados na Figura 3.

Figura 4- Valores da mediana, máximos e mínimos, primeiros e terceiros quartis medidos em milímetros, do grau geral, rugosidade, soprosidade e tensão vocais do protocolo CAPE-V para vogal sustentada /a/, fala espontânea e leitura de frases dos homens participantes deste estudo.

A confiabilidade da avaliação perceptivo-auditiva dos parâmetros do CAPE-V entre os três avaliadores para a vogal sustentada /a/, fala espontânea e leitura das frases, obtida pelo Coeficiente de correlação interclasse (CCI) está apresentada na Tabela 3.

Tabela 3 - Valores do Coeficiente de Correlação Interclasse (CCI) dos três avaliadores para o protocolo CAPE-V, quanto ao grau geral, rugosidade, soprosidade e tensão vocais para a vogal /a/, fala espontânea e frases e interpretação segundo Fleiss (1986).

Confiabilidade interjuizes						
CAPE-V	Vogal /a/		Fala espontânea		Frases	
	CCI	Interpretação	CCI	Interpretação	CCI	Interpretação
Grau geral	0,41	Satisfatório	0,59	Satisfatório	0,51	Satisfatório
Rugosidade	0,54	Satisfatório	0,55	Satisfatório	0,54	Satisfatório
Soprosidade	0,34	Pobre	0,26	Pobre	0,51	Satisfatório
Tensão	0,53	Satisfatório	0,20	Pobre	0,20	Pobre

5.2 – ANÁLISE ACÚSTICA

Os resultados da análise acústica para: frequência fundamental, expressa em Hz, *Jitter* e *Shimmer*, expressos em porcentagem e proporção harmônico ruído (NHR) estão apresentados pela média, desvio padrão e valores máximo e mínimo na Tabela 4.

Tabela 4 - Valores da média, desvio padrão, máximo e mínimo da frequência fundamental (F0), expressa em Hz, *Jitter* e *Shimmer*, expressos em porcentagem, e proporção harmônico ruído (NHR) dos homens participantes deste estudo.

ANÁLISE ACÚSTICA – MDVP				
	F0 (Hz)	<i>Jitter</i> (%)	<i>Shimmer</i> (%)	NHR
Média	125,44	0,85	3,23	0,13
Desvio Padrão	20,78	0,64	1,75	0,02
Máximo	179,93	4,09	11,20	0,18
Mínimo	84,94	0,20	0,64	0,06
Valores de referência	113*	0,59**	2,52**	0,12**

*Segundo Behlau, Ponte e Tosi (1985).

**Dados normativos sugeridos pelo MDVP da KAY PENTAX.

5.3 – ANÁLISE QUALITATIVA DOS PVDV

Os resultados da avaliação dos PVDV apresentados pela média, desvio padrão e valores máximo e mínimo, referentes ao número de laços das órbitas, regularidade e espaçamento dos traçados dos participantes deste estudo podem ser visualizados na Tabela 5 e Figura 4.

Tabela 5 - Valores da média, desvio padrões, máximo e mínimo dos graus dos PVDV quanto ao número de laços, regularidade e espaçamento dos traçados dos homens participantes deste estudo.

PVDV	Média	Desvio Padrão	Máximo	Mínimo
Laços	3,84	0,40	4	2
Regularidade	3,12	0,95	4	0
Espaçamento	2,95	0,76	4	1

Figura 5 - Médias, desvio padrões e valores máximos e mínimos da avaliação dos PVDV referente ao número de laços das órbitas, regularidade e espaçamento dos traçados dos homens participantes deste estudo.

Os valores absolutos e as porcentagens referentes aos graus do número de laços das órbitas, da regularidade e do espaçamento dos traçados dos PVDV obtidos dos homens deste estudo estão apresentados na Tabela 6.

Tabela 6 - Porcentagem e número de ocorrência dos graus dos PVDV quanto ao número de laços, regularidade e espaçamento dos traçados dos homens participantes deste estudo.

PVDV			
Graus	Número de Laços	Regularidade	Espaçamento
	N (%)	N (%)	N (%)
0	0	1 (1,30)	0
1	0	5 (6,49)	4 (5,19)
2	1 (1,30)	9 (11,69)	12 (15,58)
3	10 (12,99)	31 (40,26)	45 (58,44)
4	66 (85,71)	31 (40,26)	16 (20,79)
TOTAL	77 (100)	77 (100)	77 (100)

A confiabilidade da reprodutibilidade da avaliação dos PVDV nos parâmetros, número de laços, regularidade e espaçamento dos traçados foi obtida pelo Coeficiente de correlação interclasse (CCI) e está apresentada na Tabela 7.

Tabela 7 - Resultados do Coeficiente de Correlação Interclasse (CCI) e interpretação segundo Fleiss (1986) dos três parâmetros avaliados nos PVDV para número de laços, regularidade e espaçamento dos traçados.

CCI nos PVDV		
PVDV	CCI	Interpretação
Laços	1,00	Excelente
Regularidade	0,88	Excelente
Espaçamento	0,65	Satisfatório

6 – DISCUSSÃO

Para melhorar o entendimento de como as características dinâmicas não lineares se manifestam, é necessário que o conhecimento da normalidade esteja consolidado para assim se criar bases e limites para a compreensão da disfunção. Este estudo avaliou vozes normais masculinas por meio das avaliações perceptivo-auditiva, acústica tradicional e análise não linear objetivando compreender a dinâmica não linear da fonação saudável.

As avaliações perceptivo-auditiva e acústica foram realizadas com o intuito de verificar a qualidade vocal dos sujeitos da pesquisa. No protocolo CAPE-V, os maiores valores médios dos desvios em todos os parâmetros avaliados foram encontrados na vogal /a/ (grau geral 18,07mm $\pm$ 4,14mm; rugosidade 12,75mm $\pm$ 4,69mm; soprosidade 9,80mm $\pm$ 4,37mm; tensão 8,06mm $\pm$ 3,41mm). A vogal sustentada oferece ao avaliador maior tempo de escuta da produção da voz, enquanto que nas demais tarefas a produção varia entre sons surdos, sonoros e consonantais. Este fator provavelmente facilita a percepção dos parâmetros como grau geral, rugosidade, soprosidade e tensão.

Para os homens participantes deste estudo, dentre os parâmetros avaliados, o grau geral apresentou os maiores valores médios nas três diferentes tarefas fonatórias (vogal /a/ 18,07mm $\pm$ 4,14mm; fala espontânea 14,29mm $\pm$ 4,35mm; leitura de frases 12,78mm $\pm$ 3,88mm). Seguidos dos parâmetros rugosidade, soprosidade e tensão respectivamente. Tais valores são indicativos de voz adaptada, o que corresponde à variabilidade normal, conforme descrito no estudo de Yamasaki et al (2008), que afirmaram que o grau geral da voz na variabilidade normal para a escala analógico-visual pode apresentar valores compreendidos entre zero e 35,5mm.

A confiabilidade inter-juízes na avaliação perceptivo-auditiva foi satisfatória para oito dos 12 parâmetros vocais avaliados e pobre para os outros quatro. A avaliação perceptivo-auditiva da voz é subjetiva, pois cada sujeito tem sua própria percepção sobre a voz ouvida, sendo quase impossível obter 100% de confiabilidade excelente nas avaliações, mesmo após um treinamento auditivo (DORNELLES; JOTZ; GUILHERME, 2001; BEHLAU et al., 2001).

Quanto à avaliação acústica da voz, a frequência fundamental (F0) dos sinais de vozes dos homens participantes deste estudo encontraram-se dentro da faixa de normalidade estabelecidos na literatura para o português brasileiro, que é média de 113Hz, podendo variar de 80 a 150Hz (BEHLAU; PONTES; TOSI, 1985; BEHLAU; MADAZIO, 1997). As médias das medidas de perturbação *jitter* e *shimmer* e NHR encontradas neste estudo ($0,85\% \pm 0,64$; $3,23\% \pm 1,75$ e $0,13 \pm 0,02$, respectivamente), encontraram-se dentro da faixa de normalidade estabelecida pelo programa MDVP da *Kay Pentax*. As vozes saudáveis apresentam boa coaptação glótica e conseqüentemente são mais periódicas, o que representa um sinal de voz com qualidade estável e com baixas porcentagens de perturbações na amplitude e frequência (BEHLAU et al., 2001).

Desta forma, os resultados da avaliação perceptivo-auditiva e acústica confirmaram a qualidade de voz adaptada dentro da variabilidade normal para as vozes dos homens deste estudo.

Com relação aos padrões visuais de dinâmica vocal (PVDV), este estudo encontrou traçados regulares e congruentes em sua grande maioria. Estes achados foram semelhantes aos descritos na literatura que sugerem que as vozes mais próximas da periodicidade, como é o caso das vozes saudáveis, apresentam traçados firmes, regulares e congruentes (DAJER; PEREIRA; MACIEL, 2005; JIANG; ZHANG; MCGILLIGAN, 2006; DAJER, 2006; DAJER; MACIEL; PEREIRA, 2007; RAHN et al., 2007; SCALASSARA et al., 2009; JIANG et al., 2009; MACCALLUM et al., 2009; DAJER, 2010; ARIAS-LONDOÑO et al., 2011; YAN et al., 2011).

Na avaliação dos PVDV, o primeiro parâmetro avaliado é o número de laços que está relacionado à quantidade de formantes e suas respectivas amplitudes (DAJER, 2010). A avaliação do número de laços da vogal /a/ neste estudo identificou que a maioria dos sujeitos 66/77 (85,71%) foi classificada com grau 4, que se refere à presença de 4 ou mais laços nas órbitas, sendo apenas 10/77 sujeitos (16,99%) com grau 3, com média geral de 3,84 laços $\pm 0,40$. Estes dados sugerem que tanto o grau 3 como o grau 4 são encontrados para vozes adaptadas, porém a prevalência para vozes de homens adultos é do grau 4. Desta forma, este estudo demonstrou que para homens adultos sem queixas vocais, os graus 3 e 4 são esperados na vogal /a/ do português brasileiro. Resultados semelhantes foram observados no estudo de Dajer (2010), que encontrou grau 4 em 11 dos 16

indivíduos normais, de ambos os sexos, e grau 3 para 5/16 indivíduos. Outros estudos apresentaram dados concordantes, como os de Marrara (2010), Dajer, Sobrinho e Pereira (2010) e Dajer et al. (2011).

O segundo parâmetro avaliado dos PVDV é a regularidade dos traçados. Neste estudo foi encontrada média do grau de regularidade de $3,12 \pm 0,95$, sendo que a maioria (80,52%) dos sujeitos avaliados foi classificada com graus 4 (40,26% em 31/77 indivíduos) e 3 (40,26% em 31/77 indivíduos). Considerando que neste estudo o grau 4 refere-se a trajetórias regulares ou com única irregularidade discreta e o grau 3 a trajetórias com irregularidades discretas intermitentes ou globais, tais resultados diferem dos estudos de Dajer (2010), Marrara (2010) e Dajer, Sobrinho e Pereira (2010) que encontraram todos os indivíduos com vozes normais classificados com trechos regulares ou com irregularidades presentes em apenas um trecho da trajetória. Esta diferença pode ser justificada pelo reduzido número de sujeitos destes estudos (16, 5 e 10 indivíduos respectivamente). Em estudos com maior número de sujeitos, a variação da normalidade pode estar mais evidenciada. Nota-se, por exemplo, no presente estudo, que no parâmetro da regularidade foram encontrados graus de 0 (1/77 indivíduo) a 4 (31/77 indivíduos), com maior concentração nos graus 3 e 4 como descrito anteriormente. As irregularidades dos traçados podem estar relacionadas à presença de ruído no sinal de voz. Os sinais com traçados regulares ou com discreta irregularidade indicam que há uma pequena proporção de ruído, remetendo a uma voz saudável (DAJER; PEREIRA; MACIEL, 2005; DAJER, 2006; SCALASSARA et al., 2009; DAJER, 2010).

Na avaliação do espaçamento entre os traçados, a maioria dos sujeitos foi avaliada com grau 3 (58,44% ou 45/77 indivíduos) e com grau 4 (20,79% ou 16/77 indivíduos), sendo estes graus referentes a espaçamento médio a pequeno e pequeno, respectivamente, e totalizaram 79,22% (61/77 indivíduos) da amostra. Tais achados foram semelhantes aos descritos por Dajer (2010), Marrara (2010) e Dajer, Sobrinho e Pereira (2010) que encontraram, na maioria dos indivíduos normais, classificação de convergência em alta e média a alta. Segundo Dajer (2010), a convergência dos traçados está fortemente relacionada às perturbações de frequência e amplitude dos sinais de voz. Este estudo encontrou a média geral do espaçamento dos traçados de $2,95 \pm 0,76$, com graus variando entre 1 e 4 o que remete a variação da normalidade.

A voz humana é uma onda complexa e quase periódica e o componente caótico está sempre presente (AWREJCEWICZ, 1990; MENDEL; HERZEL; WEMKE, 1990; ROBB, 2003; TAO et al., 2004). Se não acontecesse desta forma, todas as trajetórias se mostrariam totalmente regulares e fechadas (JIANG; ZHANG; MCGILLIGAN, 2006). A presença de algumas vozes com trajetórias irregulares e com maiores espaçamentos entre os traçados demonstra a complexidade da produção da voz humana e suas variações.

Este estudo não teve como objetivo correlacionar os achados dos PVDV com as demais avaliações, pois a amostra consistiu em um grupo homogêneo de vozes de homens adultos sem queixas vocais. A correlação dos achados deste estudo com possíveis distúrbios da voz humana permitirá melhor compreensão da relação dos parâmetros dos PVDV com as avaliações perceptivo-auditiva e acústica tradicional.

7 – CONCLUSÃO

Os Padrões Visuais de Dinâmica Vocal (PVDV) da vogal /a/ de homens adultos brasileiros com vozes adaptadas dentro da variabilidade normal se mostrou com um padrão visual caracterizado em sua maioria por presença de 4 ou mais laços, traçados regulares ou com discretas irregularidades e com espaçamento entre as linhas de médio a pequeno.

8 - REFERÊNCIAS³

ARIAS-LONDOÑO, J. D.; GODINO-LLORENTE, J. I.; SÁENZ-LECHÓN, N.; OSMA-RUIZ, V.; CASTELLANOS-DOMÍNGUEZ, G. Automatic Detection of Pathological Voices Using Complexity Measures, Noise Parameters, and Mel-Cepstral Coefficients. **IEEE TRANSACTIONS ON BIOMEDICAL ENGINEERING**. v. 58 (2), 2011.

ASHA, **Consensus Auditory-Perceptual Evaluation of Voice (CAPE-V)**. Sponsored by American Speech-Language-Hearing Association's division 3: Voice and Voice disorders, Department of communication Science and Disorders, University of Pittsburgh, June 10-11, 2002. Cited 2003 Aug 12. Disponível em: <www.asha.org>.

AWREJCEWICZ, J. Bifurcation Portrait of the Human Vocal Cord Oscillations. **Journal of Sound and Vibration**, 136 (1), p. 185-197, 1990.

BEBER, B. C. **Características vocais acústicas de homens com voz e laringe normais**. Dissertação (Mestrado). Santa Maria (RS): Universidade Federal de Santa Maria, 2009.

BEBER, B. C.; CIELO, C. A. Características vocais acústicas de homens com voz e laringe normal. **Rev. CEFAC**. v.13 (2); p. 340-351, 2011.

BEHLAU, M. Consensus Auditory – Perceptual Evaluation of Voice (CAPE-V). **Revista da Sociedade Brasileira de Fonoaudiologia**. v.9 (3); p. 187-189, 2004.

BEHLAU, M. S.; TOSI, O.; PONTES, P. A. L. Determinação da frequência fundamental e suas variações em altura "*jitter*" e intensidade "*shimmer*" para falantes do português brasileiro. **Acta AWHO**, v.4, p. 5-9, 1985.

BEHLAU, M.; AZEVEDO, R.; PONTES, P. Conceito de voz normal e classificação das disfonias. In: REVINTER (Ed.). **Voz: o livro do especialista**. Rio de Janeiro, v.1, cap. 2, p.53-84, 2001.

BEHLAU, M.; MADAZIO, G. Os laboratórios de voz na clínica moderna. **Fono Atual** v. 3(3); p. 9-16, 1997.

³ De acordo com a Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 6023.

BEHLAU, M.; MADÁZIO, G; FEIJÓ, D.; PONTES, P. Avaliação de voz. In: REVINTER (Ed.). **Voz: o livro do especialista**. Rio de Janeiro, v.1, cap. 3, p.85-246, 2001.

BERRY, D.; HERZEL, H.; TITZE, I. R. Story BH. Bifurcations in excised larynx experiments. **Journal of Voice**. v. 10, p. 129-138.

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

CLINE, M. E. et al. Standardization of the Visual Analogue Scale. **Nursing Research**, v. 41, n. 6, p. 378-379, 1992. Disponível em: <
http://journals.lww.com/nursingresearchonline/Fulltext/1992/11000/Standardization_of_the_Visual_Analogue_Scale.13.aspx>.

DAJER, M. E. **Padrões Visuais de sinais de voz através de técnica de análise não linear**. Dissertação (Mestrado). São Carlos (SP): Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 2006.

DAJER, M. E. **Análise de sinais de voz por padrões visuais de dinâmica vocal**. Tese (Doutorado). São Carlos (SP): Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 2010.

DAJER, M. E.; ANDRADE, F. A. S.; MONTAGNOLI, A. N.; PEREIRA, J. C.; TSUJI, D. H. Vocal Dynamic Visual Pattern for voice characterization. **Journal of Physics: Conference Series** 332, 2011.

DAJER, M. E.; PEREIRA, J. C.; MACIEL, C. D. Nonlinear Dynamical Analysis of Normal Voices. In: Seventh IEEE International Symposium on Multimedia , Irvine, Ca, USA, **IEE Computer Society**. p. 765-771, 2005.

DAJER, M. E.; PEREIRA, J. C.; MACIEL, C. D. Chaos tool implementation for non-singer and singer voice comparasion (preliminary study). **Journal of Physics: Conference Series (JPCS)**. v.90, 2007.

DAJER, M. E.; SOBRINHO, F. A.; PEREIRA, J. C. QUALITATIVE AND QUANTITATIVE ANALYSIS OF VOCAL DYNAMIC VISUAL PATTERS. In: 28 World Congress of the International Association of Logopedics and Phoniatics. Athens, Greece. **Congress of the International Association of Logopedics and Phoniatics (IALP)**, 2010.

DAJER, M.E.; SOBRINHO, F. A.; PEREIRA, J. C. (2009). Técnicas não lineares e convencionais para análise de vozes de crianças. In: **XVII Congreso Argentino de Bioingeniería (SABI)**, Ciudad de Rosario, Argentina. XVII Congreso Argentino de Bioingeniería (SABI) , 2009.

DORNELLES, S.; JOTZ, G. P.; GUILHERME, A. Capacidade discriminatória e confiabilidade da análise perceptiva auditiva da voz de crianças institucionalizadas. In: Ferreira LP, Costa HO. **Voz ativa falando sobre a clínica fonoaudiológica**. São Paulo: Rocca. p. 167-81, 2001.

FELIPPE, A. C. N.; GRILLO, M. H. M. M.; GRECHI, T. H. Normatização de medidas acústicas para vozes normais. **Revista Brasileira de Otorrinolaringologia**. v.72 (5); p. 659-64, 2006.

FLEISS, J.L. The Design and analysis of clinical experiments. New York: Wiley, 1986.

FRASER, A. M.; SWINNEY, H. L. Independent coordinates for strange attractors from mutual information. **Phys. Rev. Lett.** v. 33 p. 1134-1140, 1986.

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; p. 776-86, 2001.

GIFT, A. G. Visual Analogue Scales: Measurement of Subjective Phenomena. **Nursing Research**, v. 38, n. 5, p. 286-287, 1989. ISSN 0029-6562. Disponível em: <http://journals.lww.com/nursingresearchonline/Fulltext/1989/09000/Visual_Analogue_Scales_Measurement_of_Subjective.6.aspx>.

GRASSBERGER, P.; PROCACCIA, I. Measuring the strangeness of strange attractors. **Physica D**. v.9, p.189–208, 1983.

HEGGER, R.; KANTZ, H.; SCHREIBER, T. Practical implementation of nonlinear time series methods: The TISEAN package. **Chaos**. v.6 (2). p. 413-435, 1999.

HORNERO, R.; ALONSO, A.; JIMENO, N.; JIMENO, A.; LOPEZ, M. Nonlinear analysis of time series generated by schizophrenic patients. **IEEE Eng Med Biol Mag**, 3, p. 84-90, 1999.

JIANG, J. J.; ZHANG, Y.; FORD, C. N. Nonlinear dynamics of phonations in excised larynx experiments. **J Acoust Soc Am.** v. 114, p. 1–8, 2003.

JIANG, J. J.; ZHANG, Y.; MACCALLUM, J.; SPRECHER, A.; ZHOU, L. Objective Acoustic Analysis of Pathological Voices from Patients with Vocal Nodules and Polyps. **Folia Phoniatr Logop.** v.61, p.342–349, 2009.

JIANG; J.J.; ZHANG, Y.; MCGILLIGAN, C. Chaos in voice, from modeling to measurement. **Journal of Voice.** v. 20, p. 2-17, 2006.

KARNELL, M. P.; HALL, H. D.; LANDAHL, K. L. Comparison of fundamental frequency and perturbation measures among three independent voice laboratories. **Journal of Voice**, v. 4, p. 383-93, 1995.

KARNELL, M.P.; CHANG, A.; SMITH, A. Hoffman, H. Impact of signal type on validity of voice perturbation measures. **NCVS Stat Progr Report.** v.11, p.91–94, 1997.

KASUYA, H.; OGAWA, S.; MASHIMA, K.; EBIHARA, S. Normalized noise energy as an acoustic measure to evaluate pathologic voice. **J Acoust Soc Am.** v. 80(5); p. 1329-34, 1986.

LITTLE, M. A.; McSHARRY, P. E.; ROBERTS, S. J.; COSTELLO, D. A. E.; MOROZ, I. M. Exploiting Nonlinear Recurrence and Fractal Scaling Properties for Voice Disorder Detection. **BioMedical Engineering OnLine.** v.6(23), 2007.

MAC CALLUM, J. K.; CAI, L. I.; ZHOU, L.; ZHANG, Y.; JIANG, J. J. Acoustic analysis of aperiodic voice: Perturbation and nonlinear dynamic properties in esophageal phonation. **Journal of Voice.** v.3 (3), p. 283-290, 2009.

MARRARA, J. L. **Padrão Visual da dinâmica vocal como instrumento para o diagnóstico da disfagia em pacientes com alterações neurológicas.** Dissertação (Mestrado). São Carlos (SP): Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 2010.

MENDEL, W.; HERZEL, H.; WEMKE, K. Bifurcations and chaos in newborn infant cries. **Phys Letters A.** v.145, p. 218-424, 1990.

MONTAGNOLI, A. N. **Análise Residual do sinal de voz.** Mestrado (Mestrado). Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1998.

PEREIRA JR, J. TEORIA DO CAOS, 2011. Disponível em: <<http://professorjairojr.blogspot.com.br/2011/01/teoria-do-caos.html>>.

PINHO, S.; PONTES, P. Escala de avaliação perceptiva da fonte glótica: RASAT. **Vox Brasilis** – Ano 8 – nº 3, 2002.

POON, C.S.; MERRILL, C.K. Decrease of cardiac chaos in congestive heart failure. **Nature**. v. 389, p.492-495, 1997.

RAHN, D. A.; CHOU, M.; ZHANG, Y.; JIANG, J. J. Phonatory impairment in Parkinson's disease: Evidence from nonlinear dynamic analysis and perturbation analysis. **Journal of Voice**. v. 21. P. 65-71, 2007.

ROBB, M.P. Bifurcations and chaos in the cries of full-term and preterm infants. **Folia Phoniatr Logoped**. v.55, p. 233–240, 2003.

SCALASSARA, P.R.; DAJER, M.E.; MACIEL, C.D.; GUIDO, C.R.; PEREIRA, J.C. Relative entropy measures applied to healthy and pathological voice characterization. **Applied Mathematics and Computation**; 207 p. 95–108, 2009.

SJLF. **Comitê para testes de função fonatória da Sociedade Japonesa de Logopedia e Foniatria** – Fita de vídeo ilustrativo da “GRBAS”, 1969.

SMITS, I.; CEUPPENS, P.; BODT, M. S. A comparative study of acoustic voice measurements by means of Dr. Speech and Computerized Speech Lab. **Journal of Voice**; v. 19(2); p. 187-96, 2005.

SPINELLI, I. C. P.; BEHLAU, M. S. Estudo comparativo das medidas de frequência fundamental, jitter e shimmer em diferentes programas de análise vocal. In: BEHLAU, M. S. **A voz do Especialista**. Rio de Janeiro: Revinter, v.1, p. 265-271, 2001.

TAO, C.; ZHANG, Y.; DU, G.H.; JIANG, J. J. Estimating model parameters using chaos synchronization. **Phys Rev E**. 69, 2004.

TITZE, I. R.; BAKEN, R.; HERZEL, H. Evidence of chaos in vocal fold vibration. *Nem Frontiers in Basic Science*. Ed, **vocal Fold Physiology**, singular Publishing group, San Diego, CA, 1993.

TITZE, I.R. Workshop on Acoustic Voice Analysis: Summary Statement. Denver, **National Center for Voice and Speech**, 1995.

YAMASAKI, R. et al. **Correspondência entre Escala Analógico-Visual e a Escala Numérica na Avaliação Perceptivo-Auditiva de Vozes.** 16º Congresso Brasileiro de Fonoaudiologia. FONOAUDIOLOGIA, S. B. D. Campos do Jordão, 2008.

YAN, N.; MANWA, L. N.; WANG, D.; CHAN, V.; ZHANG, L. Nonlinear dynamics of voices in esophageal phonation. 33rd Annual International Conference of the IEEE EMBS. Boston, Massachusetts USA, 2011.

ZHANG, Y.; JIANG, J. J. Asymmetric spatiotemporal chaos induced by a polypoid mass in the excised larynx. **Chaos**. v. 18(4), 2008.

APÊNDICES

APÊNDICE A

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Caro participante, venho convidá-lo a participar do projeto de pesquisa intitulado “**Análise Acústica Não Linear (ANL) dos Padrões Visuais de Dinâmica Vocal (PVDV) de homens adultos**”. A avaliação da voz humana é de fundamental importância clínica, pois muitas doenças são detectadas através dela. Atualmente dispomos de métodos de avaliação subjetivos, ou seja, por meio de escalas onde o especialista avalia a qualidade da voz por meio da escuta da mesma. Portanto é necessário o desenvolvimento de novas técnicas para a análise de voz de forma objetiva, ou seja, por meio de ferramentas que nos dê valores que demonstre a alteração na voz, para assim enriquecer o diagnóstico clínico do problema. A ANL tem como objetivo ajudar no diagnóstico de problemas clínicos relacionados à voz e a laringe. Para isso, necessitamos primeiramente delinear os valores normais de vozes masculinas, para assim podermos diferenciar as vozes com problemas.

Para isso, primeiramente, será realizada pelo médico otorrinolaringologista, a Telelaringoscopia, exame feito por uma micro-câmera que será introduzida na boca para visualização das pregas vocais. Este exame é inócuo, indolor, porém pode causar certo desconforto.

Em seguida, será realizada a gravação de sua voz pela fonoaudióloga, a realização de um exercício de aperfeiçoamento vocal e novamente a gravação da vogal /a/ para avaliação da efetividade dos exercícios na melhora da qualidade vocal. A escolha do exercício a ser realizado ficará a critério da pesquisadora. Estes procedimentos serão realizados uma única vez no Laboratório de Voz da Clínica de Fonoaudiologia da Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo FOB/USP com duração média de 30 minutos. Garantimos que este estudo não oferece nenhum risco a você.

Sua participação lhe trará benefícios, pois participando deste projeto você terá sua laringe e voz avaliada por uma equipe de especialistas. Durante o exame ou nas gravações caso seja identificada alguma alteração na sua laringe ou na sua voz, você será orientado e encaminhado para realizar o tratamento médico ou fonoaudiológico na Clínica de Fonoaudiologia ou em clínicas particulares.

Informamos, ainda, que sua participação é voluntária e dela pode desistir a qualquer momento. Garantimos a segurança de que não será revelada a sua identidade e que se manterá o caráter confidencial da informação relacionada com sua privacidade.

Qualquer dúvida referente aos procedimentos e outros assuntos relacionados à pesquisa será prontamente esclarecida pessoalmente, por telefone ou e-mail, meu telefone é (14) 8132-9767, e-mail: deboragodoy@usp.br. Caso você queira apresentar reclamações em relação a sua participação na pesquisa, poderá entrar em contato com o Comitê de Ética em Pesquisa em Seres Humanos, da FOB-USP, pelo endereço da Al. Dr. Octávio Pinheiro Brisolla, 9-75 (sala no prédio da Biblioteca, FOB/USP) ou pelo telefone (14)3235-8356.

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

portador da cédula de identidade _____, após leitura minuciosa das informações constantes neste **TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO**, 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 participar da pesquisa proposta.

Fica claro que o sujeito da pesquisa 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 tornar-se-ão confidenciais e guardadas por força de sigilo profissional (Art. 29º do Código de Ética do Fonoaudiólogo).

Por estarem de acordo assinam o presente termo.

Bauru-SP, _____ de _____ de _____.

Assinatura do Sujeito da Pesquisa

Assinatura da Autora
Debora Godoy Galdino

APÊNDICE B

Entrevista Fonoaudiológica

Nome: _____ **Sexo:** _____ **D.N:** ____/____/____
Idade: _____ **Estado Civil:** _____ **Nacionalidade:** _____
Escolaridade: _____ **Telefone:** _____
Profissão: _____ **Jornada de trabalho:** _____
Outras atividades: _____ **E-mail:** _____
 Cantor: () Sim () Não Apresenta queixas relacionadas à voz: () Sim () Não
 História pregressa da queixa: _____

Sintomas Sensoriais, auditivos e visuais

Apresenta sensações na região laríngea:

() Não () Sim Descreva:

Tosse:

() Sim () Não

Salteios de grave para agudo:

() Sim () Não

Sintomas auditivos:

() Não () Sim Descreva:

Dor na região laríngea:

() Sim () Não

Períodos de afonia:

() Sim () Não

Falhas na voz:

() Sim () Não

Cirurgia laríngea:

() Sim () Não

Dados de saúde

Saúde geral:

Uso de medicamentos

() Não () Sim Descreva:

Hidratação

Quantidade de água ingerida no dia: _____

Coloração da urina: _____

Hábitos

Tabagismo:

() Sim () Não

Abuso vocal:

() Sim () Não

Alimentos gelados:

() Sim () Não

Ar condicionado:

() Sim () Não

Alcoolismo:

() Sim () Não

Descreva:

Data: ____/____/____

Avaliador (a)

APÊNDICE C

Resultados individuais dos sujeitos participantes referente à avaliação acústica tradicional para as medidas de frequência fundamental (F0), *jitter*, *shimmer* e proporção harmônico ruído (NHR) e da avaliação qualitativa dos Padrões Visuais de Dinâmica Vocal (PVDV) referentes aos graus: número de laços (L), regularidade (R) e espaçamento entre os traçados (E).

Sujeito	Idade (anos)	F0 (Hz)	<i>Jitter</i> (%)	<i>Shimmer</i> (%)	NHR	L	R	E
1	20	130	0,44	2,94	0,09	4	4	3
2	20	132	0,71	3,87	0,14	4	4	3
3	20	180	0,66	5,93	0,15	4	2	3
4	21	103	0,44	3,66	0,12	4	3	3
5	21	130	0,57	3,61	0,12	4	3	3
6	22	133	0,65	1,37	0,13	4	4	4
7	22	107	1,31	5,82	0,15	4	2	3
8	23	99	0,35	2,34	0,11	4	4	3
9	23	122	0,91	2,53	0,15	4	3	2
10	23	147	2,12	4,10	0,13	3	2	3
11	23	133	1,57	11,20	0,18	4	1	3
12	23	119	0,48	4,08	0,15	4	2	2
13	24	125	0,50	1,59	0,14	4	3	4
14	24	160	1,22	5,55	0,13	4	4	3
15	25	104	0,42	1,92	0,13	4	4	3
16	26	85	0,50	3,00	0,10	4	3	3
17	26	122	0,27	1,21	0,15	4	4	3
18	26	141	0,56	3,18	0,14	4	4	4
19	26	106	0,87	3,25	0,15	4	2	2
20	26	97	0,56	3,52	0,13	4	3	3
21	26	141	1,41	3,85	0,12	4	3	3
22	26	140	0,57	2,72	0,14	4	4	2
23	27	133	0,46	2,02	0,14	4	3	3
24	27	159	0,38	0,64	0,13	4	4	4
25	27	136	4,09	2,25	0,18	2	3	3
26	27	126	2,03	4,11	0,15	4	1	3
27	28	122	0,41	1,32	0,14	4	3	3
28	28	163	0,74	1,58	0,16	4	4	3
29	28	129	0,24	1,66	0,09	4	4	2
30	28	94	1,05	5,32	0,13	4	2	3
31	29	124	0,35	2,33	0,16	4	4	3
32	29	135	0,90	3,63	0,15	4	3	3
33	29	122	0,37	2,00	0,14	4	3	3

Sujeito	Idade (anos)	F0 (Hz)	Jitter (%)	Shimmer (%)	NHR	L	R	E
34	29	102	2,13	3,25	0,12	4	3	4
35	29	118	2,18	3,43	0,12	4	3	2
36	29	108	1,26	3,92	0,13	4	3	2
37	29	103	0,62	4,45	0,13	4	3	3
38	29	126	0,36	1,91	0,14	4	4	4
39	30	134	0,67	3,79	0,16	3	3	3
40	30	150	0,39	1,58	0,13	4	4	4
41	30	103	0,58	4,60	0,12	4	2	3
42	30	106	1,80	6,79	0,15	3	0	1
43	30	118	1,40	2,26	0,14	3	3	3
44	30	105	0,87	3,75	0,14	4	4	2
45	31	157	0,44	1,71	0,09	4	4	4
46	31	128	0,55	2,03	0,09	3	4	4
47	31	130	0,46	3,02	0,08	4	3	4
48	31	120	0,50	7,25	0,15	4	3	2
49	32	161	0,49	3,41	0,12	4	4	3
50	32	105	0,89	7,49	0,15	4	2	1
51	32	100	1,62	2,64	0,08	4	3	3
52	32	117	0,20	2,42	0,14	4	4	3
53	33	94	0,50	1,40	0,10	4	3	4
54	33	124	2,21	4,08	0,16	3	1	1
55	33	103	0,68	3,36	0,13	4	3	3
56	34	122	0,43	1,11	0,14	4	4	4
57	34	125	1,48	3,85	0,15	3	1	1
58	34	148	0,32	0,96	0,14	4	4	3
59	35	117	0,41	2,89	0,13	4	3	3
60	35	143	0,40	3,97	0,13	4	4	3
61	35	132	0,77	2,53	0,13	4	4	4
62	35	124	0,39	1,43	0,14	4	4	4
63	36	165	0,48	2,77	0,14	4	4	4
64	36	122	1,29	3,38	0,15	4	2	3
65	37	113	0,81	2,01	0,12	4	3	3
66	37	93	0,61	6,10	0,14	3	1	2
67	37	113	0,47	2,99	0,13	4	3	3
68	38	176	0,93	3,39	0,14	4	4	4
69	38	147	0,63	1,80	0,13	4	4	3
70	38	143	1,14	5,85	0,12	4	3	3
71	38	135	1,43	2,06	0,15	3	4	3
72	39	143	0,45	1,35	0,06	4	4	2
73	39	155	1,39	1,66	0,12	3	4	3
74	40	119	0,43	3,42	0,15	4	3	3
75	40	101	0,54	2,34	0,09	4	3	3
76	40	93	0,64	3,68	0,14	4	3	2
77	40	121	1,46	2,68	0,15	4	3	3

APÊNDICE D

Gráficos bidimensionais dos Padrões Visuais de Dinâmica Vocal (PVDV) de cada sujeito participante.

ANEXOS

ANEXO A

Universidade de São Paulo Faculdade de Odontologia de Bauru

Al. Dr. Octávio Pinheiro Brisolla, 9-75 – Bauru-SP – CEP 17012-901 – C.P. 73
PABX (0XX14)3235-8000 – FAX (0XX14)3223-4679

Comitê de Ética em Pesquisa (14)3235-8356
mferran@foa.usp.br

Processo nº 147/2010

Bauru, 28 de fevereiro de 2011

Senhora Professora,

Informamos que após o envio da documentação solicitada referente ao projeto de pesquisa encaminhado a este Comitê de Ética em Pesquisa **Análise Acústica não linear (ANL) do padrão visual de dinâmica vocal (PVDV) de homens adultos**, de autoria de Débora Godoy Galdino, sob sua orientação, foi novamente analisado e considerado **APROVADO** por este Colegiado, em reunião realizada no dia **23 de fevereiro de 2011**.

Solicitamos que ao término do trabalho, seja enviado a este Comitê um relatório final para novo parecer, o qual será utilizado para publicação científica.

Atenciosamente,

Prof. Dr. Flávio Augusto Cardoso de Faria
Coordenador

Prof.ª Dr.ª Lídia Cristina da Silva Teles
Docente do Departamento de Fonoaudiologia

ANEXO B

PROTOCOLO - CONSENSO DA AVALIAÇÃO PERCEPTIVO AUDITIVA DA VOZ (CAPE-V) – ASHA 2003, SID3

Nome _____ Data: _____

Os parâmetros da qualidade vocal deverão ser preenchidos conforme as seguintes tarefas:

- 1) Vogal sustentada com 3 a 5 segundos
- 2) Produção das seguintes sentenças:

a) Érica tomou suco de pêra e amora.	d) Agora é hora de acabar.
b) Sonia sabe sambar sozinha.	e) Minha mãe namorou um anjo.
c) Olha lá o avião azul.	f) Papai trouxe pipoca quente.
- 3) Fala espontânea, com os seguintes conteúdos: " Fale-me sobre o seu problema de voz" ou " Diga-me como está a sua voz".

Legenda: C = consistente I = Intermitente

	DI	MO	SE	C	I	SCORE /100
GRAU GERAL _____						
RUGOSIDADE _____						
SOPROSIDADE _____						
TENSÃO _____						
<i>PITCH</i> indique a natureza do desvio de <i>pitch</i> _____						
<i>LOUDNESS</i> indique a natureza do desvio de <i>loudness</i> _____						

Comentários sobre ressonância: NORMAL OUTRA (descreva): _____

Características adicionais (por exemplo: diplofonia, som basal, falsete, astenia, afonia, instabilidade de frequência, tremor, qualidade molhada ou outras observações relevantes)

Clínico: _____