Raquel Malara Dell'Acqua

**ANÁLISE ACÚSTICA DA VOZ DE OBESOS MÓRBIDOS
PRÉ E PÓS TRATAMENTO CIRÚRGICO PARA A OBESIDADE**

Dissertação 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, para a obtenção do Título de Mestre em Bioengenharia.

Área de Concentração: Bioengenharia
Orientador: Prof. Dr. José Carlos
Pereira

São Carlos, 2007

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

D357a	Dell'Acqua, Raquel Malara Análise acústica da voz de obesos mórbidos pré e pós tratamento cirúrgico para a obesidade / Raquel Malara Dell'Acqua ; orientador José Carlos Pereira. -- São Carlos, 2007. Dissertação (Mestrado-Programa de Pós-Graduação Interunidades em Bioengenharia. Área de Concentração: Desenvolvimento, Caracterização e Aplicação de Materiais) -- Escola de Engenharia de São Carlos, Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto e Instituto de Química de São Carlos da Universidade de São Paulo, 2007. 1. Obesidade. 2. Voz. 3. Trato vocal. 4. Emagrecimento. I. Título.

Agradecimentos

Ao meu orientador **Prof. Dr. José Carlos Pereira** por toda paciência, prontidão e competência de sempre, por tudo que me ensinou e por tudo que nos ajuda a construir.

A **Aparecida de Cássia Guerra**, minha querida Parê, por todas as vezes em que se dispôs de coração a me ajudar nesse trabalho.

A **Ivani Rosa dos Santos**, minha Pérola valiosa, cuja ajuda em tudo foi e ainda é fundamental.

Ao **Arlindo Neto Montagnoli** por todo o conhecimento transmitido, bem como pela disposição em nos ajudar sempre.

Ao Prof. **Carlos Dias Maciel** pela receptividade e ajuda sempre que solicitada.

À **CAPES** pela bolsa de estudos concedida.

Aos meus pais, **Odete e Clodoaldo Dell'Ácqua** que me “empurraram” o tempo todo pra eu “passar dos limites” e vencer mais uma etapa importante.

A **Luis Fernando Sarno** pela revisão tão criteriosa.

A amiga **Daniela Maria Argentão** pelo apoio fundamental na normatização.

Ao querido **Matheus Steinhagen** pela edição das imagens.

A **Olívia Gonçalves e Liliane Sales** pela presença sempre importante na fase de conclusão.

A minha querida **Sálua Kairuz** pela ajuda em diferentes partes do processo e em toda a vida.

A minha amada **Gabriela Orselli Fernandes** pela paciência, dedicação, bom humor, doação, generosidade e conhecimento tecnológico imprescindível às minhas apresentações.

À **Silvia Orselli Fernandes** pelo amor em forma de ajuda sempre.

À amiga e irmã **Maura Lima** pelo apoio imprescindível nas correções finais.

À **Géssica Simões** pela amizade, fidelidade e amor em forma de ajuda.

Aos queridos **Valdice, João e Valter do Audicentro** (minha família profissional) pela compreensão e apoio de sempre.

Aos meus **queridos amigos** “de cá (SP) e de lá (BA)” pela cobrança e incentivo.

Aos **participantes** que se dispuseram pela “minha causa”.

Aos **funcionários da Bioengenharia** sempre tão prestativos e eficientes.

Aos **funcionários da biblioteca da EESC-USP** pela rapidez, disposição e apoio.

Aos **alunos do LIM** pela receptividade, paciência e ajuda.

Aos **meus alunos**.

Ao meu **Senhor** que sabe de tudo e proporcionou meu encontro com cada uma dessas pessoas.

Dedicatória

Dedico este trabalho “**Àquele** que é poderoso para fazer infinitamente mais do que tudo o quanto pedimos ou pensamos conforme o **Seu** poder que opera em nós”, e à minha mais que amiga Ivani Rosa dos Santos.

RESUMO

DELL'ACQUA, M.R. (2007). *Análise Acústica da Voz de Obesos Mórbidos pré e pós tratamento cirúrgico para a obesidade* - Escola de Engenharia de São Carlos/ Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto/ Instituto de Química de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2007.

Devido ao grande aumento da obesidade no Brasil e no mundo e aos riscos que esta afecção oferece à saúde dos indivíduos, existem diversos tipos de tratamento possíveis para reverter esse quadro. Entre eles, o tratamento cirúrgico, que é o mais indicado para os casos classificados como obesidade mórbida. Por meio desse tratamento é comumente possível a redução de até 40% do peso inicial do indivíduo. Contudo, existem casos em que a perda ultrapassa esse percentual. Com essa perda de gordura tão significativa, o organismo todo apresenta modificações nitidamente observáveis, e tais alterações incluem o trato vocal. Sabendo que a voz é um sinal complexo composto pelo sinal vocal produzido na glote e pelas ressonâncias do trato vocal, observou-se a necessidade de avaliar se os parâmetros vocais sofrem alteração com a drástica mudança de peso corpóreo. Este estudo comparou as análises acústicas e perceptivo-auditivas antes e depois do tratamento cirúrgico para a obesidade, tendo como objetivo verificar se alterações vocais acontecem após o emagrecimento. Os resultados apontam que nas perdas de peso de até 40%, os parâmetros perceptivo auditivos e os acústicos não apresentaram alterações estatisticamente relevantes, e para perdas maiores que 50% observou-se a alteração significativa em dois parâmetros específicos,

o PA e o Ex, o que significa: melhora na movimentação das pregas vocais com aumento de ruído na voz após o emagrecimento. Contudo, a amostra que compõe esse percentual de perda de peso é composta por apenas um participante, portanto tais resultados não podem ser generalizados.

Palavras-chave: obesidade, voz, trato Vocal, emagrecimento.

ABSTRACT

DELL'ACQUA, M.R. (2006). Acoustic Analysis of the Voice of Obese Morbid before and later surgical treatment for the obesity - School of Engineering of Saint

Carlos / University of Medicine of Ribeirão Preto / Institute of Chemistry of São Carlos, University of São Paulo, São Carlos, 2006.

Due to the significant increase of obesity in Brazil and in the world and the risks involving the health of individuals, several types of treatment have been recommended in an attempt to change this scenario. The surgical treatment is believed to be the most suitable for the majority of morbid obesity cases. This type of procedure usually reduces up to 40% of the individual initial weight and in some cases this ratio can be even higher. However, a significant weight loss usually results in several significant bodily changes including the vocal tract. As the voice signal is very complex and comprises a glottal pulse equalized by vocal tract resonance, it seems reasonable to evaluate how voice parameters change with weight reduction. The purpose of this study is to compare perceptive- auditive and acoustics analysis of the voice, before and after the surgical approach to obesity to check if the vocal changes occur after the weight reduction. The results indicate that in weight losses up to 40% the perceptive-auditive and acoustics parameters did not represent statistically relevant alterations, but in weight losses higher than 50%, significant changes were observed in two specific parameters, PA and Ex, including improvement of vocal folds movement and increase of loudness of voice after weight loss.

However, the sample of weight loss was insufficient because it was limited to one participant; therefore it should not be generalized.

Keywords: obesity, voice, vocal tract, acoustics analysis.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1.1:	Órgãos do Sistema Aerodigestivo	23
FIGURA 1.2:	Pulmões	23
FIGURA 1.3:	Traquéia	24
FIGURA 1.4:	Visão Frontal da Laringe	25
FIGURA 1.5:	Faringe	26
FIGURA 1.6:	Cavidade Bucal	27
FIGURA 1.7:	Cavidade Nasal	28
FIGURA 1.8:	Cartilagens da Laringe em vista posterior	29
FIGURA 1.9:	Ossos Hióide	30
FIGURA 1.10:	Músculos Extrínsecos da Laringe	31
FIGURA 1.11:	Visão Superior das Pregas Vocais	32
FIGURA 1.12:	Camadas das Pregas Vocais	33
FIGURA 1.13:	Trato Vocal	35
FIGURA 1.14:	Participante da pesquisa pré cirurgia bariátrica	38
FIGURA 1.15:	Participante da pesquisa pós cirurgia bariátrica	39
FIGURA 1.16:	Oscilograma	42
FIGURA 4.17:	Tela comparativa do software “Análise de Voz 5.0”	68

Lista de Tabelas

TABELA 1.1:	Classificação da Obesidade	19
TABELA 4.1:	Participantes	58
TABELA 4.2:	Hábitos	58
TABELA 4.3:	Saúde Geral	59
TABELA 4.4:	Demanda vocal	60
TABELA 4.5:	Dados referentes aos parâmetros Soprosidade, Rouquidão, Estabilidade, para os grupos “A”, “B” e “C”	61
TABELA 4.6:	Dados referentes ao parâmetro Foco de ressonância para os grupos “A”, “B” e “C”	62
TABELA 4.7:	Dados referentes ao parâmetro <i>Pitch</i> para os grupos “A”, “B” e “C”	62
TABELA 4.8:	Análise Estatística do <i>Jitter</i> para os Grupos A, B e C	63
TABELA 4.9:	Análise Estatística do <i>Shimmer</i> para os Grupos A, B e C	64
TABELA 4.10:	Análise Estatística do SFR para os grupos A, B e C	65
TABELA 4.11:	Análise Estatística do SFF para os grupos A, B e C	65
TABELA 4.12:	Análise Estatística do PA para os grupos A, B e C	66
TABELA 4.13:	Análise Estatística do EX para os grupos A, B e C.	66
TABELA 4.14:	Análise Estatística do F0 para os grupos A, B e C	67
TABELA 4.15:	Comparação dos resultados dos parâmetros acústicos avaliados na primeira e na segunda gravação da voz do Grupo “D”	69
TABELA 4.16:	Comparação dos resultados dos parâmetros perceptivo auditivos avaliados na primeira e na segunda gravação da voz do Grupo “D”	70

Sumário

Resumo

Abstract

Lista de Figuras

Lista de Tabelas

1.0	Introdução	13
1.1	Caracterização da Obesidade	14
1.2	Classificação da Obesidade	19
1.3	Conseqüências da Obesidade	20
1.4	Obesidade, mudanças anatômicas e suas relações com a voz humana	21
1.5	Fisiologia da Produção Vocal	22
1.5.1	As Pregas Vocais	32
1.5.2	O Trato Vocal	34
1.5.3	A Interferência do Trato Vocal	36
1.6	Avaliação Vocal	40
1.6.1	Análise Acústica da Voz	40
1.6.2	Técnicas de processamento do sinal acústico da voz	44
1.6.3	O <i>software</i> “Análise de Voz”	46
1.6.4	Parâmetros acústicos do <i>software</i> “Análise de Voz”	47
1.7	Análise Perceptivo-auditiva	53
1.7.1	Parâmetros Perceptivo-auditivos	54
2.0	Objetivo	55
3.0	Material e método	55
4.0	Resultados	58

4.1	Perfil dos participantes	58
4.1.2	Resultado da Análise Perceptivo-auditiva	61
4.1.3	Análise Acústica Computadorizada dos Grupos “A” “B” “C”	63
4.1.4	Análise Perceptivo Auditiva e Computadorizada do Grupo “D”	68
5.0	Discussão	71
6.0	Conclusão	73
7.0	Referencias Bibliográficas	75
8.0	ANEXOS	88
8.1	ANEXO A: Questionário	88
8.2	ANEXO B: Carta de Informação	90
8.3	ANEXO C: Termo de Consentimento	93
8.4	ANEXO D: Parâmetros Acústicos da Voz relacionados a Soprosidade	95
8.5	ANEXO E: Emagrecimento e Voz	102

1.0. Introdução

Atualmente a obesidade tem sido encarada como um problema de saúde pública devido ao grande aumento do número de obesos em todo o mundo, em especial nos países desenvolvidos e em desenvolvimento. No Brasil, o problema da desnutrição ainda é bastante relevante. No entanto, ao longo dos últimos anos, a quantidade de obesos também vem crescendo acentuadamente. Junto com este aumento, as consequências da obesidade também vêm crescendo, como a hipertensão arterial e alterações cardíacas, entre outras. Para minimizar estes problemas existem diversos tratamentos: reeducação alimentar, medicamentos e cirurgias, sempre em conjunto com atividades físicas. Existem diversos graus de obesidade, sendo a obesidade mórbida o grau que oferece maior risco à saúde do indivíduo; para esses casos o tratamento mais indicado é o cirúrgico. Com algumas técnicas pode-se obter uma redução de até 40% do peso total inicial do indivíduo. Com esta acentuada perda de peso, muitas mudanças ocorrem no organismo dessas pessoas, de modo que se faz importante analisar se ocorrem alterações relevantes também nos parâmetros vocais desses indivíduos, especialmente considerando que para muitas pessoas a voz é um instrumento de trabalho.

1.1. Caracterização da obesidade

O ser humano é composto por células, tecidos, órgãos e sistemas. Para que haja o funcionamento adequado de todas as funções vitais é necessária a integridade de todos estes elementos. A saúde pode ser definida como um estado de adaptação do organismo ao ambiente físico-psíquico-social em que vive, sentindo-se bem e sem apresentar sinais ou alterações orgânicas evidentes. Ao contrário, doença é um estado de falta de adaptação, no qual o indivíduo sente-se mal e apresenta alterações orgânicas evidenciáveis (BRASILEIRO, 2000).

No âmbito dos tecidos do organismo, o tecido adiposo será enfocado.

Esse tecido é uma forma especializada de tecido conjuntivo, sendo constituído por células que armazenam gordura. A gordura é uma forma eficaz de armazenamento de calorias, (ROSS et al, 1993), que poderão ser utilizadas em momentos de necessidade do organismo em que não estejam disponíveis outras fontes de energia.

Todos nós temos e precisamos de tecido adiposo em nossos corpos. No entanto, por motivos diversos, podem ocorrer alterações que levam a um grande acúmulo de gordura no organismo, o que define a obesidade.

Sucintamente, a obesidade é uma afecção caracterizada pelo acúmulo excessivo de gordura corporal, em extensão tal que acarreta prejuízos à saúde do indivíduo (WHO,1998) (MONTEIRO, et al,2000).

A obesidade não é um sinal de falta de controle do indivíduo, mas sim uma doença séria que vem aumentando de maneira alarmante nos últimos anos.

Até pouco tempo atrás a obesidade não era lembrada nas ações nacionais e internacionais de saúde, especialmente nos países em desenvolvimento; até então ela

não era reconhecida como uma doença. Em 1997, em Genebra, reuniu-se pela primeira vez um comitê de especialistas em obesidade para discutir as dimensões do problema e propor estratégias de ação. A obesidade foi reconhecida como uma doença e seu crescimento tanto em países desenvolvidos quanto em desenvolvimento foi considerado alarmante.

Segundo Fisberg (1995), a obesidade é um problema nutricional cuja prevalência vem aumentando consideravelmente. Isto se deve provavelmente a fatores ambientais, uma vez que não se pode considerar grandes alterações genéticas nas últimas décadas, mas as mudanças nos hábitos foram enormes. Já os autores Taddei (1995) Novaes et al, (2003) relatam que a vida urbana trouxe muitas mudanças de comportamento, principalmente em relação à dieta e à atividade física, sendo esses fatores que se relacionam de forma importante com a obesidade.

A Organização Mundial de Saúde (OMS) classificou o problema como uma epidemia mundial em seu último relatório, constatando a existência de mais de 300 milhões de indivíduos clinicamente obesos.

No Brasil, com 10% de obesos e 40% com excesso de peso, o problema já é mais grave do que a fome, segundo o Ministério da Saúde (Vide tabela página 19).

A *National Health and Nutrition Examination Survey* (NHANES, 1999), indicou que 61% dos americanos adultos estão obesos ou com sobrepeso. Eles afirmam que entre os adultos de 20 a 74 anos houve um aumento de 15%, em 1980, para 27%, em 1999, de pessoas com obesidade ou sobrepeso.

Segundo o “Centro de Prevenção de Doenças”, os homens e as mulheres dos Estados Unidos são mais obesos e altos que em 1960, o que reflete um incremento da

obesidade nas últimas quatro décadas neste país. O peso médio nesse período aumentou, pois os homens subiram de 75,5 kg, em 1960, para 86,7 kg, em 2002 .

Entre as mulheres nessa mesma idade o peso médio aumentou de 63,6 kg para 74,5 kg no período analisado, segundo a *National Health and Nutrition Examination Survey* (NHANES, 1999).

Nos Estados Unidos a obesidade é tida como um importante problema de saúde pública (LAMOUNIER, 2000).

Na América Latina a obesidade também é crescente. Em países como Uruguai, Argentina, Chile e Brasil o aumento da obesidade ao longo dos anos cresce a taxas significativamente altas, o que transforma a questão em um importante problema de saúde (MAZZA, et al, 2002).

Dietz (1998) afirmou que o Brasil está entre os quatro países que vem apresentando rápido aumento de prevalência de sobrepeso e obesidade em crianças e adolescente de diversas condições socioeconômicas. Esse achado vem ao encontro dos resultados que apontam maior prevalência de sobrepeso e obesidade na população adulta atual.

O tema encontra-se em destaque mundial pela já considerada pandemia da obesidade inclusive em crianças e adolescentes. No Brasil a situação é grave: o envelhecimento populacional é rápido com expectativa de aumento real da obesidade (LESSA 2004).

Monteiro et. al. (2000) encontraram em seus resultados que o Brasil vem substituindo o problema da escassez pelo problema do excesso dietético. A desnutrição é ainda relevante, mas vem diminuindo em todas as idades e em todos os estratos

econômicos. A prevalência da obesidade vem aumentando em todos os estratos econômicos e tem sido proporcionalmente mais elevada nas famílias de menor renda. As mulheres brasileiras, no final da década de 80, aumentaram consideravelmente a probabilidade de se tornarem obesas e há agora maior proporção de obesas no estrato de renda intermediária do que no estrato de alta renda.

Entre as crianças, em lugares diversos do Brasil, o crescimento da obesidade também tem sido observado em diferentes estudos.

Com base no *National Center for Health Statistics*, Estados Unidos, Saldiva et al (2004) em seu estudo realizado em cidades pequenas do interior do estado de São Paulo, constataram que a prevalência de obesidade foi de 6,6%. Na análise das prevalências de déficit de altura e de obesidade desagregadas por categorias de renda per capita em salários mínimos, são encontradas diferenças significativas, onde a prevalência de obesidade aumenta com o aumento da renda per capita, enquanto o déficit de altura apresenta comportamento inverso.

A prevalência de sobrepeso e obesidade mostrou-se elevada também entre os escolares de 5 a 10 anos de idade de etnia árabe da cidade de Foz do Iguaçu, como mostra o estudo de Roman et al (2004).

No estado de Minas Gerais, a obesidade foi listada entre as causas de morte por doenças crônico-degenerativas em pessoas com 20 anos de idade no ano de 1998 (REZENDE et al, 2004).

Entre os idosos longevos (com idade > 80 anos) residentes em Veranópolis-RS, Brasil, a prevalência de obesidade foi 23,3 por cento pelo critério da OMS (sem diferença entre os sexos) e 45,6 por cento pelo critério NHANES III

significativamente maior entre as mulheres, conforme mostrou o estudo de Da Cruz et al (2004).

A prevalência conjunta de sobrepeso e obesidade na população brasileira das regiões Nordeste e Sudeste é maior no sexo feminino, sendo que mais da metade das mulheres destas regiões, com idade entre 50 e 69 anos, têm sobrepeso, *Body Mass Index* (BMI, definido na página seguinte) até 29,9 e/ou obesidade (BMI) maior que 30 (ABRANTES et al,2003).

Um estudo realizado em estados do nordeste do Brasil verificou uma curva ascensional, mostrando que a tendência secular nos últimos 20 anos foi crescente tanto para sobrepeso quanto para a obesidade. Embora tenham sido observadas prevalências de sobrepeso/obesidade menores do que as encontradas nos países desenvolvidos, a velocidade de ascensão é preocupante (VASCONCELOS e SILVA, 2003).

Em Feira de Santana, interior da BA, a prevalência de sobrepeso e obesidade infantil mostrou-se elevada e similar a de alguns estudos no Brasil; o excesso de peso foi passível de reconhecimento pelos responsáveis, que não estão, contudo, alertas para a real necessidade de tratamento (OLIVEIRA et al, 2003). Os resultados dos diversos estudos apresentados apontam para a necessidade de uma mudança nos serviços de saúde, que ainda estão concentrados na detecção e tratamento da desnutrição enquanto menor atenção tem sido dada à prevenção da obesidade.

1.2. Classificação da Obesidade

O índice mais popularmente utilizado para se classificar a obesidade é o BMI (do inglês, *Body Mass Index*), proposto por algumas agências de saúde (NHLBI, NIDDK, 1998; WHO, *Consultation on Obesity*, 1998). Este índice é calculado dividindo o peso do indivíduo (em Kg) pela altura ao quadrado (ou altura x altura) em metros. Obtém-se assim um número seguido de Kg/m^2 , que deve ser interpretado de acordo com a Tabela 1, segundo a OMS (WHO, *Consultation on Obesity*, 1998).

Tabela 1.1 Classificação da Obesidade

BMI	Classificação
Menor que 18 Kg/m^2	Subnutrido
De 18.1 a 24.9 Kg/m^2	Normal
De 25 a 29.9 Kg/m^2	Sobrepeso
De 30 a 34.9 Kg/m^2	Obeso de grau I
De 35 a 39.9 Kg/m^2	Obeso de grau II
Igual ou maior que 40 Kg/m^2	Obeso de grau III ou “obesidade mórbida”

1.3. Conseqüências da Obesidade

Esse crescimento acelerado na prevalência da obesidade é de grande relevância pelo fato de que existem muitas complicações que acometem a saúde dos obesos, sendo elas descritas por Axelrud et al (1999):

Cardiovasculares: hipertensão, acidente vascular cerebral, cardiopatia isquêmica (principalmente quando a gordura se concentra no abdômen).

Endócrinas: colesterol elevado, diabetes.

Câncer (maior incidência): endométrio, mama, próstata e cólon.

Ortopédicas: gota e artrite degenerativa.

Geniturinárias: incontinência urinária, disfunção sexual masculina.

Cirúrgicas: aumento da morbidez e mortalidade em cirurgias.

Uma vez que a obesidade passou a ser encarada como uma doença, muitos são os tratamentos existentes para combatê-la. Segundo Mahan e Stump (1998), os programas de perda de peso integram mudanças nas escolhas alimentares com exercícios, freqüentemente com mudança comportamental e educação nutricional. Quando estas tentativas falham, a medicação pode ser utilizada no programa e, no caso de obesidade mórbida, a intervenção cirúrgica pode ser necessária já que com algumas técnicas podem-se alcançar perdas de até 40% do peso total do indivíduo .

Quando há uma perda de peso excessiva, muitas alterações ocorrem no organismo do indivíduo, dentre elas alterações no trato vocal. Neste ponto a intervenção do fonoaudiólogo se faz necessária juntamente com outros profissionais da

área da saúde com o intuito de investigar, prevenir e/ou tratar qualquer alteração na comunicação proveniente da perda de peso.

Por estar inserida na área da saúde, a fonoaudiologia se preocupa com o bem estar geral do indivíduo. O fonoaudiólogo é o profissional que atua na área da comunicação oral e escrita, voz, audição e motricidade oral, podendo realizar pesquisa, prevenção, avaliação e terapia fonoaudiológica.

O fonoaudiólogo atua juntamente com equipes de outros profissionais da área da saúde desse modo, segundo o Conselho Federal de Fonoaudiologia, o profissional da área “torna-se responsável pela assistência integral à saúde dos indivíduos”.

Tendo em vista que a obesidade vem se tornando um grave problema de saúde pública, o fonoaudiólogo não pode se omitir de refletir sobre os aspectos relacionados à comunicação e à obesidade.

1.4. Obesidade, mudanças anatômicas e suas relações com a voz humana

Esse grande acúmulo de gordura traz verdadeiras transformações na anatomia dos obesos. Isso fica muito claro quando acompanhamos um indivíduo que por meio de tratamento, especialmente cirúrgico, recuperou o seu BMI adequado. Todas as partes do seu corpo diminuem acentuadamente, modificando consideravelmente a sua aparência.

Se essas grandes mudanças são tão facilmente observadas, pode-se estimar que por causa delas podem vir a ocorrer alterações nos parâmetros acústicos da voz dessas pessoas. Tal suposição baseia-se no fato de que a voz humana é produzida de maneira complexa e que mantém relação direta com a forma do trato vocal, portanto,

alterações do trato de diversas ordens, podem trazer maiores ou menores modificações na qualidade vocal. Inicialmente cabe aqui refletir sobre como ocorre a fonação.

1.5. Fisiologia da Produção Vocal

No início da história evolutiva os órgãos da fonação não tinham propriamente a função de produzir voz. Tinham apenas a função de manutenção e preservação da vida (respiração, alimentação, etc). Posteriormente, com a aquisição de novas aprendizagens, desenvolveu-se na escala filogenética a capacidade de fonar, o que adaptou todas essas estruturas a uma nova função. O Sistema Nervoso Central é o grande responsável por essa adaptação e perfeita coordenação de todas essas estruturas, que graças a suas vias e conexões criam um conjunto funcional único (CASANOVA, et al, 1997).

Tem-se na voz humana um dos principais instrumentos de comunicação. Ela é produzida envolvendo mecanismos complexos e resulta da interação de diversos sistemas do nosso corpo: sistema nervoso central, sistema fonador e sistema respiratório. Também é importante a participação do sistema auditivo para que o falante tenha um retorno auditivo da sua produção vocal. O som da voz é produzido na laringe, órgão pertencente ao sistema respiratório, local onde ficam as pregas vocais (ANDRADE et al., 2002; ARONSON, 1990; SATALOFF, 1997).

Participam da produção da voz os órgãos do sistema aerodigestivo, conforme indicado a seguir.

Figura 1.1: Órgãos do Sistema Aerodigestivo
Disponível em: www.asmaeallergia.it/atlanti_anatomia.php
(Arquivo Acessado em 20/01/2007)

Pulmão: age como fole propulsor do ar, que ao passar pela laringe torna possível produzir a voz.

Figura 1.2: Pulmões
Disponível em: <http://andre.sasse.com/pulmao.jpg>
(Arquivo Acessado em 20/01/2007)

Traquéia: é o órgão que canaliza a corrente aérea expiratória até a laringe.

Figura 1.3: Traquéia

Disponível em: www.benessere.com/salute/atlante/respirazione.htm

(Arquivo Acessado em 20/01/2007)

Laringe: é o órgão que produz pulsos glotais para a produção da voz.

Figura 1.4: Visão Frontal da Laringe

Disponível em: www.asmaeallergia.it/atlanti_anatomia.php
(Arquivo Acessado em 20/01/2007)

Faringe: age como ressonador.

Figura 1.5: Faringe

Disponível em: www.benessere.com/salute/atlane/respirazione.htm
(Arquivo Acessado em 20/01/2007)

Cavidade Bucal: ressonadora, determinada obviamente pela sua capacidade articulatória.

Lábios: responsável pela radiação do som para o meio externo.

Figura 1.6: Cavidade Bucal

Disponível em: www.corpohumano.hpg.ig.com.br/.../boca/boca.html
(Arquivo Acessado em 20/01/2007)

Cavidade Nasal: é responsável por preparar o ar, no momento da inspiração, para proteger as estruturas aéreas inferiores; também age paralelamente como ressonador.

Figura 1.7: Cavidade Nasal

Disponível em: www.benessere.com/salute/atlane/respirazione.htm

(Arquivo Acessado em 20/01/2007)

A produção vocal é produto da vibração das pregas vocais causada pela pressão da coluna de ar oriunda dos pulmões na expiração; mas a voz que ouvimos é o resultado de uma série de eventos biomecânicos que ocorrem após a produção do som vocal na glote.

A vibração das pregas vocais é explicada pelo Efeito de Bernoulli.

Segundo Bernoulli, a corrente de ar que sai dos pulmões tem uma velocidade constante até encontrar um estreitamento na região da Glote. Nesse ponto a velocidade da corrente aumenta muito e essa passagem rápida do ar pelas pregas faz com que a pressão entre elas se torne negativa, o que suga uma contra a outra iniciando um ciclo (ZEMPLIN, 2000).

A laringe se desenvolve na terceira semana de vida intrauterina, é o principal órgão da fonação e é responsável pela produção do som. Trata-se de um arcabouço esqueletoembranoso e acumula as funções de respiração, fonação e proteção das vias aéreas. A laringe adulta no homem tem cerca de 5 cm de comprimento, sendo um pouco menor na mulher. É composta por 9 cartilagens sendo 3 pares: aritenóideas corniculadas e cuneiformes, e 3 simples: tireóidea; cricóidea; epiglote.

Figura 1.8: Cartilagens da Laringe em vista posterior
Disponível em: www.corpohumano.hpg.ig.com.br/.../boca/boca.html
(Arquivo Acessado em 20/01/2007)

A tireóide, a cricóide e as aritenóides são compostas de cartilagem hialina, e podem desenvolver calcificação e ou ossificação. Por volta dos 20 anos de idade a ossificação da cartilagem tireóide começa a ocorrer, na borda posterior de suas lâminas; as demais cartilagens da laringe são elásticas.

O osso hióide, tido como componente ósseo da laringe, não é parte integrante da laringe. Na verdade, é uma estrutura de sustentação para a raiz da língua; no entanto, a laringe é suspensa pelo osso hióide, que também serve como ligação superior para alguns músculos extrínsecos da laringe.

O osso hióide tem forma de “u” e apresenta dois cornos maiores, que se articulam com os cornos superiores da cartilagem tireóidea, e os cornos menores, que dão lugar à inserção de diversos músculos.

É interessante ressaltar que o hióide é o único osso do corpo que não se articula a nenhum outro osso.

Figura1. 9: Osso Hióide
Disponível em: www.voiceart.net/start.php
(Arquivo Acessado em 20/01/2007)

A laringe possui músculos classificados em extrínsecos e intrínsecos. Os músculos extrínsecos, os que possuem uma inserção fora e outra dentro da laringe, atuam na movimentação e suspensão da laringe. Quase todos se inserem no osso hióide, e participam ativamente na deglutição e fonação.

Figura 1.10: Músculos Extrínsecos da Laringe
 Disponível em: www.giovannichetta.it/muscolimasticatori.html
 (Arquivo Acessado em 20/01/2007)

Os músculos intrínsecos apresentam ambas as inserções dentro da laringe e atuam na movimentação das pregas vocais: podem alongá-las ou encurtá-las. A musculatura intrínseca da laringe está diretamente associada à produção do som. Com exceção do músculo cricótireóideo, innervado pelo nervo laríngeo superior, todos os músculos da laringe são innervados pelo nervo laríngeo recorrente do vago (10º par de nervos cranianos).

1.5.1 As pregas vocais

As pregas vocais, situadas paralelamente ao solo dentro da laringe, no pescoço, se abrem no momento da inspiração, permitindo a passagem livre do ar do meio externo para os pulmões. O caminho inverso acontece na expiração sem fonação, mas durante a fonação, antes da expiração, as pregas vocais se unem na linha média pela ação de forças musculares e então entram em vibração em virtude da pressão subglótica causada pelo ar da expiração. Este fenômeno gera o pulso glotal, que a seguir sofrerá alterações causadas pelo trato vocal, ou seja, cavidades de ressonância anteriormente citadas. O espaço entre as pregas vocais é chamado de Glote.

Figura 1.11: Visão Superior das Pregas Vocais
A: Pregas Vocais em abdução B: Pregas Vocais em adução
Disponível em: www.giovannichetta.it/muscolimasticatori.html
(Arquivo Acessado em 20/01/2007)

Figura 1.12: Camadas das Pregas Vocais
Disponível em: www.asmaeallergia.it/atlanti_anatomia.php
(Arquivo Acessado em 20/01/2007)

As pregas vocais originam-se na cartilagem tireóide, perto do ângulo e abaixo da incisura tireóidea, e inserem-se posteriormente na face Antero-lateral das cartilagens aritenóideas. Suas margens mediais são livres, assim elas se projetam em forma de prateleira para dentro da cavidade laríngea.

Segundo Hirano (1974, 1981), as pregas Vocais verdadeiras são compostas por 3 camadas, sendo que uma delas se divide em outras 3.

1. Epitelial: É uma cápsula delgada e rígida que mantém a forma da prega vocal.

2. Lâmina Própria: a) camada superficial: (espaço de Reinke), que consiste de componentes fibrosos soltos e de matriz.

b) camada intermediária: consiste de fibras elásticas.

c) camada profunda: consiste de fibras de colágeno.

3. Músculo Vocal: é a massa principal das pregas vocais.

Dessas diversas camadas, destaca-se a mais externa, também a mais delicada de todas, a porção vibratória, esta é a mucosa das pregas vocais.

1.5.2. O Trato Vocal

O trato vocal, responsável pelo sistema de ressonância do aparelho fonador, é composto por elementos que guardam íntima relação entre si, o que permite a modelagem do som e a projeção do mesmo no ambiente.

Chamamos “ressonância” a ênfase ou amortecimento da intensidade de grupos de frequências específicas no espectro sonoro.

Compondo esse sistema de ressonância encontram-se estruturas e cavidades as quais denominamos “caixas de ressonância”; são elas: os pulmões, a laringe, a faringe (subdividida em orofaringe e nasofaringe), a cavidade da boca e a cavidade do nariz juntamente com os seios paranasais (BEHLAU 2001).

Portanto, as características pessoais do trato vocal podem influenciar a modelagem do som por sua participação no sistema de ressonância.

Figura 1.13: Trato Vocal

Disponível em: www.asmaeallergia.it/atlanti_anatomia.php
(Arquivo Acessado em 20/01/2007)

1.5.3. A Interferência do Trato Vocal

Segundo Pinho (1998) o sinal laríngeo é constituído pela frequência fundamental (F_0), que corresponde ao número de vibrações por segundo das pregas vocais em um dado momento, e harmônicos, que são gerados pela vibração não linear das pregas vocais e estão diretamente ligados às características do sistema glotal.

Os harmônicos são múltiplos inteiros da frequência fundamental, portanto, se a F_0 for de 200 Hz, os harmônicos que se sucedem serão 400, 600, 800, 1000Hz., e assim por diante.

Dependendo da configuração do trato vocal, grupos diferentes de harmônicos serão selecionados para serem enfatizados. Essas concentrações de energia, resultantes da ênfase, são denominadas formantes.

Colton e Casper, (1996) além de Kent e Read, (1992) defendem que as propriedades da qualidade vocal dependem diretamente da interação entre a fonte glótica e a forma e configuração do trato vocal.

Dimitriev e Kisilev (1979) demonstraram em estudos realizados com cantores de ópera que as dimensões do trato vocal estão diretamente relacionadas às características da qualidade da voz e da formação dos formantes graves e agudos do cantor. Eles concluíram que quanto maior o tamanho do trato vocal, maior o deslocamento da frequência dos formantes em direção aos graves, e quanto menor o tamanho do trato vocal, maior é a amplificação das frequências dos formantes agudos.

Em estudos realizados por Coleman (1983), em transexuais masculinos que desejavam feminilizar suas vozes, verificou-se que devido à não alteração do trato vocal

dessas pessoas, mesmo após cirurgia de laringe, a mudança não era totalmente efetiva.

Lass et al. (1982); Walton e Orlikoff, (1994), afirmam que entre outros fatores, a descrição da conformação física, que apresenta estreita relação com a configuração do aparato vocal, deve ser considerada na caracterização de uma raça. Este fato justifica a possibilidade de diferenciação vocal inter-racial.

O tipo físico tem sido tradicionalmente considerado como um fator importante para a classificação da voz. Associa-se voz grave a pessoas altas e magras, enquanto as vozes agudas se associam às pessoas baixas e com peso acima do ideal (BEHLAU e PONTES, 1995).

O trato vocal dos negros é constituído de cavidades maiores, como mostraram diversos estudos, pois apresentam eversão labial, tendência a biprotrusão labial dentária, maxila anteriorizada e cavidade nasal ampla, o que gera diferenças nos formantes e harmônicos. (PIMENTA e PINHO, 2001).

Existem ainda estudos que associam a qualidade da voz e o trato vocal com o tipo de face: face curta, braquifacial, e face longa, dólico facial. As características estruturais têm importância no que se refere à produção da voz. Do estudo de Pinho (2001) se concluiu que provavelmente os indivíduos de face curta apresentam um deslocamento da frequência dos formantes em direção aos agudos, enquanto que nos sujeitos com face longa, provavelmente o deslocamento dos formante se dá em direção aos graves.

Diante de tal explanação é de grande relevância investigar e quantificar os parâmetros acústicos vocais dos indivíduos que estão em processo de emagrecimento, uma vez que são notáveis as mudanças que acometem o organismo dessas pessoas,

inclusive no trato vocal, visto que na literatura, tanto nacional como internacional na área da fonoaudiologia, há escassos estudos relacionados ao tema.

Os resultados deste estudo podem trazer implicações no atendimento fonoaudiológico da voz profissional, ou seja, a voz daqueles que a tem como principal instrumento de trabalho como cantores, locutores, professores etc., para os quais a alteração nos parâmetros pode ser comprometedora, necessitando, portanto, de orientação e acompanhamento. Pode ainda dar subsídios para a preparação psicológica daqueles que passarão pelo processo de grande perda de peso, uma vez que, além de se adaptar a uma nova imagem corporal, talvez tenham que se adaptar a novas características vocais.

Figura 1.14: Participante da pesquisa Pré-cirurgia Bariátrica
Fonte: Imagem cedida e autorizada pela participante da pesquisa

Figura 1.15: Participante da pesquisa Pós-cirurgia Bariátrica
Fonte: Imagem cedida e autorizada pela participante da pesquisa

1.6. Avaliação Vocal

Ao longo da atuação fonoaudiológica clínica na área de voz, a forma utilizada pelo profissional para avaliar a produção vocal do paciente em questão é a análise perceptivo-auditiva, na qual o clínico, por meio de treino auditivo específico, consegue levantar dados sobre a qualidade vocal, ressonância, projeção e comportamento vocal do indivíduo. No entanto, embora eficiente, essa avaliação é absolutamente subjetiva. Assim, a necessidade de uma avaliação com dados mais objetivos, que pudessem propiciar padrões de avaliação e pesquisa na área, começaram a ser requeridos. A partir de então, ciências exatas e fonoaudiologia começaram a trabalhar em conjunto para atingir esse fim.

1.6.1 Análise Acústica da Voz

A análise acústica computadorizada é um recurso desenvolvido mais recentemente e que vem complementar a avaliação perceptivo-auditiva feita pelo fonoaudiólogo na sua atuação clínica.

Por meio da avaliação acústica obtêm-se informações sobre aspectos relevantes da função laríngea, incluindo seus ajustes quanto à aerodinâmica e biomecânica, estabilidade fisiológica da fonação e coordenação laríngea na fonoarticulação. Com ela também é possível normatizar dados de diferentes populações sobre o aspecto vocal, além de promover a preservação de dados desde o diagnóstico até a evolução do caso com a fonoterapia. Isso é possível uma vez que a análise acústica permite a extração e

a quantificação de padrões precisamente definidos do sinal vocal por instrumentos. (BARROS e ANGELIS, 2002).

Segundo Behlau (2001) muitos são os ganhos proporcionados pela análise acústica, entre eles: a utilidade como instrumento para detecção precoce de alterações laríngeas; a possibilidade de monitorar o andamento terapêutico por meio da comparação de resultados; compreensão acústica da saída vocal mais clara; e melhor associação entre as análises perceptivo-auditiva e acústica. Deve-se ainda considerar que a análise acústica do sinal vocal é uma técnica não invasiva, que permite a visualização gráfica do comportamento vocal e da laringe sem, contudo, necessitar da inserção de qualquer instrumento no trato vocal. Os dados são facilmente utilizados, possibilitam avaliações rápidas, dinâmicas e confiáveis, permitindo ainda que o paciente e o profissional tenham um apoio “visual” da voz analisada. Esse método objetivo de avaliação poderia fornecer um gráfico vocal que poderia ser comparado ao audiograma (DAVIS, 1979).

O primeiro recurso de análise acústica foi o oscilograma e a possibilidade de visualizar graficamente os parâmetros, surgido na década de 1920. Em seguida, durante a década de 40, a Análise de Fourier (técnica matemática de processamento de sinais) passou a ser aplicada com o fim de realizar a análise espectral. Outro avanço importante, o espectrógrafo, surgiu em 1950, possibilitando a obtenção do espectrograma, um gráfico de concentração de energia em função do tempo. Isso revolucionou a análise acústica da voz e as características dos sons da fala (ARAÚJO, 1999) (KENT; READ, 1992).

Figura 1.16: Oscilograma
 Disponível em: www.asmaeallergia.it/atlanti_anatomia.php
 (Arquivo Acessado em 20/01/2007)

Em 1960, postulado por Gunnar Fant (1970) e também utilizado por outros autores como Ishizaka e Flanagan (1972) e Davis (1979), o “Modelo Fonte - Filtro” da produção vocal contribuiu possibilitando que a voz pudesse ser matematicamente interpretada (CAMARGO, 1999); (FANT 1973); (KENT; READ, 1992); (KENT, 1993 - 1997). Segundo o modelo proposto, o sinal de fala resulta de características da fonte geradora do som (glote) e também do filtro (trato vocal). Isto significa que a voz é um sinal complexo, ou seja, o sinal primário produzido pelas pregas vocais em vibração sofre modificações ao passar pelo filtro vocal, que imprime nesse sinal as suas características particulares (ressonância). (FANT, 1970 - 1973); (KENT; READ, 1992); (KENT, 1993 - 1997).

A equação matemática proposta por Fant (1960) para o modelo “Fonte-Filtro” é:

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

Onde: (f) é a frequência;

P(f) é o sinal de voz (fala);

U(f) é o conformador do pulso glotal;

T(f) constitui as características do trato vocal;

R(f) é a radiação labial.

Nessa equação três subsistemas estão pressupostos na produção vocal: conformação do pulso glótico, a caracterização do trato vocal e a radiação labial (KENT, 1993 - 1997). Continuando o trabalho foi possível estudar cada subsistema separadamente, muito embora as relações entre os mesmos devam ser sempre consideradas.

A partir de 1970 os sinais passaram a ser processados digitalmente, com maior qualidade. Nasceram nesse momento os *softwares* para análise vocal. Os recursos utilizados nesses *softwares* foram a FFT - Transformada Rápida de Fourier (*Fast Fourier Transform*) ou LPC – (*Linear Predictive Coding*), técnicas de filtragem e Cepstrum (ARAÚJO, 1999); (BAKEN; ORLIKOFF, 2000) ainda hoje utilizadas. Com essas técnicas podem-se obter características da vibração das pregas vocais (PEREIRA e MONTAGNOLI, 1999).

Esses *softwares* de análise acústica nos permitem visualizar desde o ruído presente no sinal, até a forma da onda, a frequência fundamental, passando pelas medidas de perturbações (como *jitter* e *shimmer*), (ARAÚJO, 1999).

Graças à interação entre diversas áreas do conhecimento, a análise acústica se desenvolveu grandemente, trazendo contribuições de valor inestimável à prática clínica da saúde vocal. Dentre as áreas correlacionadas podemos citar a engenharia Elétrica, a Matemática e a Computação.

1.6.2 Técnicas de processamento do sinal acústico da voz

Os dados objetivos fornecidos pela análise acústica só trazem informações utilizáveis se puderem ser interpretados. Para que se possa fazer uma interpretação adequada dos resultados se faz necessário conhecer as técnicas matemáticas empregadas na análise do sinal vocal.

Existem duas maneiras de analisar o sinal da voz:

Sinal direto: é a técnica que avalia os parâmetros acústicos diretamente no sinal da voz. Por exemplo, calculando-se *jitter* e *shimmer* diretamente no sinal vocal.

Sinal indireto: nesta técnica os parâmetros são avaliados a partir de uma transformação do sinal direto. Por exemplo, podemos avaliar os parâmetros no espectro do sinal, no cepstrum ou ainda no sinal glotal ou residual através da aplicação de um filtro inverso no sinal direto.

Em ambas as técnicas, o resultado obtido é referente ao subsistema glotal, ou seja, nas duas técnicas conseguimos filtrar a influência do trato vocal no sinal vocal.

As medidas baseadas na técnica de filtragem inversa residual do sinal de voz não consideram as características das estruturas supra-glóticas, mas contêm informações relativas ao subsistema glotal. Isso é feito introduzindo um sinal real de

voz, geralmente muito mais complexo que o sinal sintetizado, no filtro inverso do modelo otimizado, resultando em um sinal residual (SANTOS, et al, 2005). A técnica de filtro inverso glotal retira os efeitos da radiação labial e do trato vocal, preservando as características do subsistema glotal. Consequentemente o sinal obtido é o pulso glotal ao invés do sinal residual (DAVIS, 1979); (PEREIRA; MONTAGNOLI, 1998).

Na análise acústica existe uma distinção, já citada, entre o trato vocal, que compreende as estruturas supra glóticas exceto os lábios, e a radiação labial. Isso se deve ao fato de que as características acústicas de ambos são diferentes.

O trato vocal (naso-faringe, oro-faringe, cavidade oral e cavidade nasal) é responsável pelas ressonâncias (formantes), enquanto a radiação labial é responsável pela projeção do som para o meio externo. Fonoaudiologicamente não existe distinção entre trato vocal e radiação labial.

1.6.3. O *software* “Análise de Voz”

O *software* utilizado neste trabalho analisa sete parâmetros obtidos a partir da técnica de filtragem inversa residual.

Existem hoje disponíveis no mercado, e alguns até de distribuição gratuita na Web, diversos *softwares* de análise acústica computadorizada. Entre os mais conhecidos e utilizados temos o da Kay Elemetrics, o Graan, o Dr Speech, entre outros. Esses *softwares* possuem alguns parâmetros em comum e outros distintos, mas é preciso observar que todos eles foram desenvolvidos fora do Brasil e, portanto, utilizam padrões que não são brasileiros.

Para o presente trabalho foi utilizado o *software* “Análise de Voz”, na sua versão 5.0, O banco de dados que padroniza os parâmetros desse *software* foi construído através de um estudo de vozes consideradas normais, ou seja, de pessoas sem qualquer alteração laríngea e ou vocal, e também vozes disfônicas de pessoas que apresentavam patologias laríngeas e ou vocais comprovadas por meio do exame de nasolaringoscopia realizados na Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto – USP. Esse estudo determinou valores mínimos e máximos para cada parâmetro acústico. As vozes foram coletadas no Hospital Central de Ribeirão Preto e posteriormente analisadas no LIM – Laboratório de Instrumentação e Microeletrônica da USP – São Carlos.

Dentro das possibilidades de análise dos sinais vocálicos encontramos quatro técnicas principais em que os parâmetros acústicos são propostos, a saber: medidas de perturbação; medidas espectrais; filtragem inversa e técnica cepstral.

A partir dessas técnicas diversos autores têm proposto parâmetros de análise que muitas vezes chegam a ser redundantes entre si. Isso evidencia que a

possibilidade de parâmetros é infinita, e que eles passam a ter significado para a utilização clínica quando são usados periodicamente, possibilitando a formação de uma base de dados pessoal do clínico.

Por serem os parâmetros infinitos, serão aqui descritos apenas os parâmetros presentes no *software* utilizado neste trabalho.

1.6.4 Parâmetros acústicos do *software* “Análise de Voz”

Os dois primeiros parâmetros estão dentro das medidas de perturbação; eles se baseiam no pressuposto de que a voz é quase periódica e, sendo assim, apresenta variações na frequência e amplitude. Para autores como (BIEALMOWICZ et al., 1996); (DAVIS, 1979); (ESKENASI; CHILDERS; HICKS, 1990); (HORII, 1979 - 1980 - 1982); seguindo esses parâmetros podem-se classificar as várias qualidades de voz. No entanto, os autores Barros e Carrara - De Angelis, (2002), ponderam que cada *software* possui método particular para normatizar o *jitter* e o *shimmer*, sendo que, em cada um deles, estes valores podem variar conforme a idade, o sexo e a vogal utilizada. As medidas de perturbação ainda não estão padronizadas.

Jitter: é uma das medidas de perturbação do sinal vocal. É definido como a variação da frequência fundamental ciclo a ciclo, isto é, a perturbação da frequência do sinal vocal.

Esse parâmetro mede o percentual de aspereza presente na voz do indivíduo; percentuais muito altos de *jitter* podem indicar alterações de ordem neurológica ou psicológica.

A seguir, apresentamos a formula matemática do **RAP**, que significa “Perturbação média relativa”, um parâmetro proposto por Koike (1973), e uma das formas de medir o *jitter* (ANDRADE et al, 2002); (BEHLAU, 2001); (BEHLAU; PONTES, 1995); (HORII 1979 – 1980 – 1982); (DAVIS, 1979); (PEREIRA; MONTAGNOLI, 1999).

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

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

Shimmer: também é uma medida de perturbação, mas é definido como a variação da amplitude ciclo a ciclo (HORII 1979 – 1980 – 1982); (DAVIS, 1979).

Esse parâmetro mede o percentual de rouquidão presente no sinal vocal; alterações no *shimmer* podem significar presença de lesões de massa nas pregas vocais, tais como nódulos, pólipos, edemas e carcinomas (ANDRADE et al, 2002); (BEHLAU, 2001); (BEHLAU; PONTES, 1995); (DAVIS, 1979); (PEREIRA; MONTAGNOLI, 1999).

Matematicamente a fórmula usada para calcular o *shimmer* é a mesma do **RAP**, contudo, o período é substituído pela amplitude do sinal, e o nome utilizado por Takahashi e Koike (1975) era “quociente de perturbação da amplitude” (APQ).

A seguir, a fórmula:

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

Onde $A(i)$, $i = 1, 2, 3, \dots, N - 2$ denota a amplitude do período do sinal. O numerador é a perturbação média avaliada em cinco períodos, e o denominador é o período médio.

As medidas da frequência fundamental, de perturbação, como *jitter* e *shimmer*, e medidas de ruído permitem caracterizar de maneira quase completa uma voz humana, o que traz benefícios no processo de avaliação e tratamento dos distúrbios vocais (ARAÚJO et al, 2002).

SFR: mede as mudanças espectrais da forma glotal e fornece informações do pulso glótico, retirando a participação do trato vocal e da radiação labial.

No domínio do espectro é possível analisar o sinal da voz por meio das suas componentes da frequência. Este parâmetro acústico é uma medida da variação espectral do sinal, isto é, está relacionado à variação das amplitudes das componentes espectrais do mesmo.

A fórmula usada para a obtenção deste parâmetro é a SF, suavidade espectral; quando ela é aplicada no sinal residual, tem-se o SFR.

Matematicamente é calculado pela relação entre a média geométrica e média aritmética do espectro.

A seguir a formula onde x_i são dados amostrais do sinal de voz.

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

SFF: mede a magnitude do espectro em dB (decibéis) e avalia quanto o filtro, isto é, o trato vocal, está atuando no sinal analisado.

Também é um parâmetro no domínio do espectro que utiliza componentes da frequência para a análise, assim como o SFR; é uma medida da variação espectral do sinal e se relaciona à variação das amplitudes das componentes espectrais do mesmo.

Matematicamente eles são iguais; a fórmula matemática é a mesma, contudo, o SFF é obtido a partir do filtro inverso.

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

Onde x_i são dados amostrais do sinal de voz.

PA: Amplitude do *Pitch* - este parâmetro possibilita verificar os efeitos de uma patologia sobre a qualidade vocal (PEREIRA; MONTAGNOLI, 1999); (MONTAGNOLI, 1998). Ele se apresenta no domínio do tempo e é a mediana da amplitude do segundo

pico da autocorrelação do sinal residual. Segundo Davis, (1979), o PA é o valor médio das amplitudes do sinal residual.

O valor de PA varia de acordo com o fonema emitido, apresenta valor alto para as vogais, valor reduzido para sons fricativos sonoros e valor nulo (zero) para as fricativas não-vozeadas (tal como em /f/ ou /s/). Vozes sem alterações terão valores altos de PA, pois apresentam o período do pitch bem definido. Isso se considerarmos a emissão de uma vogal como /a/. Por outro lado, as vozes disfônicas apresentam valores de PA semelhantes aos valores encontrados em indivíduos normais quando emitem sons não-vozeados. Em suma, o valor de PA é baixo ou não pode ser medido se o sinal da voz é ruidoso. Isso significa dizer que este sinal tem baixa periodicidade (MONTAGNOLI, 1998); (PEREIRA; MONTAGNOLI, 1999).

Matematicamente ele é a mediana da amplitude do segundo pico da autocorrelação do sinal residual.

EX: Basicamente é um correlato estatístico da relação harmônico/ruído (HNR). Por este parâmetro se avalia a distribuição de amplitudes de um sinal vocal (CRAMER, 1958 *apud* DAVIS, 1979); (PEREIRA e MONTAGNOLI, 1999). O valor deve estar a maior parte do tempo em torno de zero, a fim de que se possa considerar a voz como normal. Quando se trata de uma voz disfônica, não se observa essa concentração em torno de zero, pois ocorre uma dispersão dos valores ampliando a distribuição das amplitudes (SANTOS, et al, 2005).

Matematicamente o EX é a medida da curtose da distribuição das amplitudes do sinal residual. Ele é a relação entre o quarto momento central e o quadrado do segundo

momento central. Para distribuição concentrada, os valores são positivos e negativos quando há dispersão (DAVIS, 1979).

A formula matemática é:

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

Onde x são dados amostrais do sinal de voz. E $\bar{x}$ é o valor médio das amostras.

F0: A frequência fundamental está diretamente ligada à quantidade de massa, comprimento e elasticidade das pregas vocais. Os valores da frequência fundamental permitem ao profissional estimar o sexo e a idade do falante sem que ele esteja presente. A frequência fundamental avalia o número de ciclos do pulso glotal que ocorre por segundo, e é expressa em Hertz (Hz). Segundo (Behlau e Pontes, 1995), os valores normais são de 80 a 150 Hz para os homens, 150 a 250 Hz para as mulheres e acima de 250 Hz para as crianças.

Matematicamente é o calculo da quantidade de ciclos realizados pelas pregas vocais em um segundo. Seu valor é expresso em Hertz (Htz).

$$Fo = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N Fo_{(i)}$$

Onde $F0i$ são as frequências instantâneas de cada ciclo.

Em anexo apresentamos o artigo “Parâmetros acústicos da voz relacionados à soproiedade”, publicado na Revista da Sociedade Brasileira de Fonoaudiologia em março de 2005.

1.7 Análise Perceptivo-auditiva

A Análise perceptivo-auditiva, segundo Pinho e Pontes (2002) é um método subjetivo que, portanto, varia de acordo com o avaliador, seus conceitos pessoais sobre a qualidade vocal, habilidades de percepção, discriminação e experiência.

Nessa análise existem muitos parâmetros possíveis de avaliação, no entanto, os parâmetros descritos a seguir são os que poderiam apresentar relevância para o presente estudo: Rouquidão, Soproiedade, Ressonância e *Pitch*.

Antes de descrevê-los, será conceituada a voz normal Perceptivo auditivamente.

É consenso entre os estudiosos da voz que para a voz normal não existem definições exatas sobre suas características. Segundo Casper e Colton (1996), não há padrões nem limites definidos a este respeito. Greene e Mathieson (1989) a caracterizam como uma voz comum, que não apresenta nada especial em seu som. Moore (1971) afirmou que o critério de separar as vozes em normais e alteradas é determinado pelos ouvintes, sendo que as desordens vocais são culturalmente baseadas e socialmente determinadas.

1.7.1 Parâmetros Perceptivo-auditivos

Rouquidão: A rouquidão indica irregularidade de vibração das pregas vocais; há um ruído que independe do movimento ondulatório da túnica mucosa das pregas vocais. É um traço marcante na caracterização de uma determinada voz quando está presente.

Soprosidade: A soprosidade é a presença de ar não sonorizado pelas pregas vocais durante a fonação; esse escape de ar é percebido auditivamente em graus variados. Esse parâmetro também é bastante relevante para a caracterização de uma voz.

Ressonância: É a ênfase da intensidade dos sons de determinadas frequências do espectro sonoro e o abafamento de outras. Tal acontecimento varia de acordo com a anatomofisiologia de cada indivíduo, sendo este, portanto, o parâmetro com maior possibilidade de variação neste estudo.

Estabilidade da Emissão: Refere-se ao controle do indivíduo sobre as forças aerodinâmicas e mioelásticas envolvidas no processo da fonação. Quando há equilíbrio entre ambas, há produção vocal estável. A importância deste parâmetro para o estudo é verificar se as mudanças do trato vocal após a redução do peso propiciam ou não melhora no ajuste das forças mencionadas, causando ou não diferença na emissão vocal do indivíduo.

Pitch: Define-se como a sensação psicofísica relacionada à frequência. Está diretamente ligada à frequência fundamental de vibração das pregas vocais, embora também ocorra a influência da intensidade da ressonância, podendo, portanto, sofrer alteração caso as cavidades de ressonância se modifiquem.

2.0 Objetivo

O presente estudo tem como objetivo investigar mudanças nos parâmetros acústicos da voz de indivíduos que tiveram diminuição drástica do peso corpóreo por meio da cirurgia bariátrica – considerando que essa alteração de peso altera a conformação do trato vocal, bem como toda a anatomia do indivíduo –, a fim de verificar se essas modificações, inclusive nas cavidades de ressonância, geram alguma alteração nos parâmetros vocais daqueles indivíduos que as vivenciam, para que se possa fazer ou não uma associação direta de algum parâmetro com a diminuição do peso.

3.0 Material e método

Participantes: Pessoas maiores de 18 anos, 24 no total, sendo 21 mulheres e 3 homens, obesas mórbidas que passaram por tratamento cirúrgico para obesidade. Estes indivíduos realizam tratamento e acompanhamento em uma clínica de gastroenterologia da cidade de Araraquara (SP).

Procedimentos: Foram realizadas reuniões periódicas aproximadamente a cada 30 dias.

Na primeira reunião de cada participante, antes da realização da cirurgia Bariátrica, foi preenchido um questionário com seus dados pessoais, peso naquele dia, dados de saúde geral, tabagismo, alcoolismo e demanda vocal diária (anexo I). Ainda nessa reunião, foi apresentada a CARTA DE INFORMAÇÃO AO PACIENTE explicando

os objetivos desta pesquisa; logo após, assinaram o TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO, que atesta a permissão para a publicação das informações sem, contudo, identificar o participante. Nessa ocasião, todas as dúvidas levantadas sobre o projeto foram esclarecidas (anexos II e III) e então foi realizada a primeira gravação, cujo padrão se manteve para todas as demais realizadas após a cirurgia Bariátrica, sem levar em consideração a diferença do espaço de tempo entre a primeira e a última gravação de cada participante.

A gravação foi realizada com a vogal sustentada /a/ pelo máximo de tempo que o participante conseguisse emití-la. Solicitou-se que a emissão fosse feita em tonalidade e intensidade usuais de fala. As gravações das vozes foram realizadas com os participantes sentados a uma distância de aproximadamente 5 cm de um microfone unidirecional de eletreto. A seguir essas vozes foram armazenadas no banco de dados do programa Análise de Voz 5.0 instalado no computador.

Nas reuniões posteriores foram feitas a coleta das vozes e a aferição do peso do participante naquele dia.

Cada pessoa participou de no mínimo duas reuniões, uma antes e uma depois de passar pela cirurgia, sendo que era necessário apresentar alguma diferença de peso entre uma e outra, fazendo uma gravação em cada reunião. Contudo, alguns participantes participaram de mais de duas reuniões e, portanto, fizeram mais de duas gravações intermediárias.

Foram gravadas vozes de 48 pessoas, e para cada uma delas foram feitas em média 4,2 gravações.

No entanto, participaram do estudo apenas 24 indivíduos. Os outros 24 foram eliminados da amostra devido aos seguintes fatores:

- Perda de peso insignificante;
- Não ter realizado o mínimo de duas gravações;
- Não ter passado pela cirurgia bariátrica.

Análise de Dados: Os participantes foram divididos em grupos conforme o percentual de peso perdido, da seguinte forma:

Grupo A: Até 20% de perda de peso.

Grupo B: De 21 a 30% de perda de peso.

Grupo C: De 31 a 40% de perda de peso.

Grupo D: Mais de 50% de perda de peso.

OBS: Na faixa que compreende 41 a 50% de perda de peso, não existiram participantes.

A primeira e a última gravação de cada participante foram analisadas acusticamente por meio do programa Análise de Voz 5.0, e os resultados obtidos foram estatisticamente analisados com a aplicação do teste T pareado a um nível de significância de 0,05 (DRETZKE; HEILMAN, 1998).

Também foi realizada a análise perceptiva auditiva das vozes antes e depois da cirurgia Bariátrica e foram comparadas a primeira e a segunda gravações de cada um dos participantes sob parâmetros citados no item 1.6.

4.0. Resultados

4.1. Perfil dos Participantes

A tabela 4.1 traz os dados sobre o número de participantes da amostra, sexo, faixa etária e idade média.

Tabela 4.1: Participantes

No de participantes	24	
Sexo	Masculino	3
	Feminino	21
Idade	Entre 22 e 56 anos (média: 38 anos)	

Na tabela 4.2 estão dispostos os dados referentes aos hábitos dos participantes, especificamente tabagismo e etilismo.

Tabela 4.2: Hábitos

Hábitos	sim	não
Tabagismo	7	17
Etilismo	9	15

A tabela 4.3 apresenta os dados a respeito da saúde geral da amostra.

Sobre os dados da tabela 4.3, para todas as respostas afirmativas solicitou-se a especificação da alteração. No entanto, as mesmas não foram descritas aqui pelo fato de nenhuma delas apresentar relevância em relação à produção vocal.

Com relação ao uso de medicamentos, os que poderiam causar alguma alteração na produção vocal já eram utilizados antes do início da pesquisa. Portanto, se causaram alguma mudança, ela já existia antes do estudo e se manteve com a continuidade do uso do medicamento, como por exemplo, medicamentos para depressão.

Tabela 4.3: Saúde Geral

Tópicos referentes à Saúde Geral	Sim	Não	Não declarou
Alteração Digestiva	18	5	1
Alteração Nasal	6	15	3
Alteração Hormonal	12	24	0
Alteração Auditiva	6	15	3
Alteração Pulmonar	3	21	0
Intervenção Cirúrgica (antes da bariátrica)	18	6	0
Alteração faríngea	6	18	0
Alteração neurológica	3	21	0
Medicamentos de uso contínuo	16	6	2

A tabela 4.4 mostra os dados obtidos com relação à demanda vocal diária de cada participante.

A classificação adotada para este item do questionário baseou-se nas respostas de cada participante, que apresentaram coerência com outros itens importantes do questionário, tais como a profissão (professores) e as questões neurológicas (aqueles que referiram depressão também referiram pequena demanda vocal diária).

Tabela 4.4: Demanda Vocal

Demanda Vocal	No de participantes
Pequena	3
Média	12
Grande	7
Não declarou	2

4.1.2. Análise Perceptivo-auditiva dos grupos “A, B e C”

Os resultados da Análise Perceptivo-auditiva foram analisados com apenas uma divisão de grupos, uma vez que não se observou relevância nem a existência de tendências claras para os grupos “A”, “B” e “C”. Assim sendo, a tabela 4.5 traz os dados referentes aos parâmetros Soprosidade, Rouquidão e Estabilidade de Emissão dos 23 participantes pertencentes aos grupos “A”, “B” e “C” somados.

Tabela 4.5: Dados referentes aos parâmetros Soprosidade, Rouquidão e Estabilidade para os grupos “A”, “B” e “C”.

Parâmetro	Aumentou	Diminuiu	Não mudou
Soprosidade	29,16%	4,16%	66,6%
Rouquidão	20,8%	12,5%	66,6%
Estabilidade	20,83%	12,5%	66,6%

A tabela 4.6 apresenta, percentualmente, os dados referentes ao Foco de Ressonância.

Tabela 4.6: Dados referentes ao parâmetro Foco de Ressonância para os grupos “A”, “B” e “C”.

Parâmetro	Subiu	Desceu	Não mudou
Ressonância	4,16%	37,5%	58,33%

A tabela 4.7 demonstra os dados percentuais do parâmetro *Pitch*.

Tabela 4.7: Dados referentes ao parâmetro *Pitch* para os grupos “A”, “B” e “C”.

Parâmetro	Mais agudo	Mais grave	Não mudou
<i>Pitch</i>	29,16%	37,5%	33,3%

4.1.3 Análise Acústica Computadorizada dos Grupos “A” “B” “C”

Serão apresentados divididos por parâmetro e por grupo. Para cada parâmetro serão apresentados a média e o desvio padrão na primeira e segunda amostras de cada grupo separadamente.

O resultado da análise estatística realizada com a aplicação do Teste T pareado será apresentado também para cada parâmetro.

Jitter: é a perturbação, ou variação, da frequência do sinal. Sua unidade de medida é a porcentagem (%), e determinou-se como valor de normalidade 2%.

Na tabela 4.8 visualizamos os resultados da média e do desvio padrão obtidos na análise estatística dos Grupos A, B e C.

Para todos os Grupos a diferença estatística não apresenta significância no Teste T pareado.

Tabela 4.8: Análise Estatística do *Jitter* para os Grupos A, B e C

	1.a. Amostra		2.a. Amostra	
	Média	SD	Média	SD
Grupo A	0,53714	0,1166	1,14429	2,3377
Grupo B	0,44364	0,01527	1,27	2,86442
Grupo C	0,57	0,1931	0,522	0,01697

Shimmer: avalia a perturbação da amplitude do sinal. Sua unidade também é percentual e o seu limiar é 15% (HORII 1979 - 1980 - 1982); (DAVIS, 1979).

As perturbações da amplitude do sinal vocal para os Grupos A, B e C não demonstraram diferenças estatisticamente significantes no Teste T pareado.

Tabela 4.9: Análise Estatística do *Shimmer* para os Grupos A, B e C.

	1.a. Amostra		2.a. Amostra	
	Média	SD	Média	SD
Grupo A	6,00286	10,63549	6,89429	66,9629
Grupo B	5,36364	8,59779	7,89091	24,91039
Grupo C	3,24	0,73155	5,124	14,33603

SFR: é uma medida que levanta informações sobre a forma do pulso glotal,

O Teste T pareado indicou que a diferença estatística analisada para este parâmetro nos grupos A, B e C não é significativa.

Tabela 4.10: Análise Estatística do SFR para os grupos A, B e C.

	1.a. Amostra		2.a. Amostra	
	Média	SD	Média	SD
Grupo A	9,54143	2,54143	9,66286	7,24282
Grupo B	10,00091	7,55897	9,22182	5,04494
Grupo C	10,17	0,2198	9,642	0,24397

SFF: Fornece uma medida quantitativa da atuação do filtro, trato vocal. É medido em dB (decibel).

Para os Grupos A, B e C, a análise estatística demonstrou diferença não significativa para o SFF.

Tabela 4.11: Análise Estatística do SFF para os grupos A, B e C.

	1.a. Amostra		2.a. Amostra	
	Média	SD	Média	SD
Grupo A	13,81	20,56627	14,42286	4,55252
Grupo B	16,01	7,1	17,08545	0,37882
Grupo C	15,496	7,46497	15,496	4,30063

PA: avalia o índice de vocalização, ou seja, a qualidade vocal; ressalta a “nitidez” do sinal vocal.

Não foi observada diferença estatística significativa para o PA dos grupos A, B e C no Teste T pareado.

Tabela 4.12: Análise Estatística do PA para os grupos A, B e C.

	1.a. Amostra		2.a. Amostra	
	Média	SD	Média	SD
Grupo A	0,54571	0,0046	0,50143	0,01028
Grupo B	0,49727	0,014048	0,42182	0,01138
Grupo C	0,538	0,00377	0,492	0,00937

EX: fornece uma relação entre os harmônicos e o ruído da voz.

No Teste T pareado não há diferença significativa para este parâmetro nos grupos A, B e C.

Tabela 4.13: Análise Estatística do EX para os grupos A, B e C.

	1.a. Amostra		2.a. Amostra	
	Média	SD	Média	SD
Grupo A	12,50429	57,24853	12,97714	57,60509
Grupo B	25,47273	633,16676	26,43909	693,50427
Grupo C	17,116	44,72668	19,162	169,55762

F0: é a medida que melhor caracteriza a voz humana; por meio dela se pode estimar o sexo e a idade do falante.

No Teste T pareado não foi observada diferença significativa para a F0 nos grupos A, B e C.

Tabela 4.14: Análise Estatística da F0 para os grupos A, B e C.

	1.a. Amostra		2.a. Amostra	
	Média	SD	Média	SD
Grupo A	179,08286	2103,28362	184,93	1772,28893
Grupo B	177,90455	1693,65703	179,54636	1728,74567
Grupo C	185,388	228,85077	182,002	422,70012

4.1.4 Análise Perceptivo Auditiva e Computadorizada do Grupo “D”

Pelo fato do grupo “D” (mais de 50% de perda de peso) conter apenas um participante, os resultados das análises acústica e perceptivo-auditiva serão apresentados de maneira diferente da dos demais grupos.

Por se tratar de um grupo de uma só pessoa, com apenas dois valores para cada parâmetro, não se aplica ao caso a análise estatística. No entanto, os resultados encontrados demonstram relevância, portanto os mesmos serão destacados de forma a constituir um estudo de caso.

Figura 4.17: Tela comparativa do software “Análise de Voz 5.0”

A tela acima compara as duas análises acústicas da voz do grupo “D”: a primeira análise foi realizada antes da cirurgia bariátrica, quando o participante tinha 111.5 kg, e a segunda quando o participante apresentava peso corpóreo de 60 Kg, ou seja, 53,8 % a menos de seu peso inicial.

Na tabela 4.15 estão dispostos os valores de ambas as análises para melhor visualização.

Tabela 4.15: Comparação dos resultados dos parâmetros acústicos avaliados na primeira e na segunda gravação da voz do Grupo “D”

Parâmetros /Peso	Jitter (%)	Shimmer (%)	SFR	SFF	PA	EX	F0 (Htz)
111.5 Kg	1,23	5,56	10,79	21,06	0,35	88,06	210,04
60 Kg	0,74	3,65	12,31	14,98	0,54	10,45	190

A análise perceptivo-auditiva deste grupo mostrou mudanças na qualidade vocal em dois dos cinco parâmetros avaliados. Porém, numa análise subjetiva, ao ouvir as duas gravações, tem-se a sensação de que a segunda gravação contém uma voz mais “robusta”, de melhor qualidade, sugerindo que as vozes sejam de pessoas diferentes devido à importância da modificação.

Em relação aos parâmetros perceptivos analisados, os resultados podem ser vistos na tabela 4.16.

Tabela 4.16: Comparação dos resultados dos parâmetros perceptivo-auditivos avaliados na primeira e na segunda gravação da voz do Grupo “D”

Parâmetros	Comparação da primeira com a segunda gravação
Soprosidade	Sem alteração
Estabilidade	Sem alteração
Ressonância	Subiu (mais equilibrada)
Rouquidão	Sem alteração
<i>Pitch</i>	Mais grave

5.0. Discussão

É possível que a não significância estatística dos dados tanto acústicos quanto perceptivo auditivos dos Grupos A, B e C se devam ao fato de que as alterações na voz só ocorram quando a alteração do peso é maior.

Também vale ressaltar que a análise feita pelo *software* não é a mais sensível, portanto, não conseguiu registrar mudanças relevantes nos parâmetros.

Enfocando os resultados do grupo “D”, observa-se diferença relevante nos parâmetros PA e EX.

O primeiro, PA, definido no item 1.6.4, demonstrou que o índice de vocalização melhorou, ou seja, a amplitude do pico da auto-correlação do sinal residual apresenta-se mais periódica após o emagrecimento.

Em contrapartida, o EX, também definido no item 1.6.4, mostra uma diminuição evidente em seu valor, revelando maior quantidade de ruído no sinal.

Esses resultados aparentemente são antagônicos, já que o PA indica melhora na vocalização enquanto o EX indica aumento do ruído na voz. Entretanto esses resultados não são incompatíveis, uma vez que é possível haver boa movimentação de pregas vocais, dando um resultado de PA satisfatório, ao mesmo tempo em que a coaptação das pregas vocais pode não ser completa, o que gera ruído na voz e justifica um valor numericamente baixo de EX.

Para os resultados específicos do grupo em questão, pode-se conjecturar que com a maior quantidade de massa em todo o organismo, incluindo o trato vocal, existia uma movimentação das pregas vocais não tão eficiente, mas com fechamento glótico mais completo. Após o emagrecimento, ou seja, diminuição da massa em todo o

organismo, tem-se a situação inversa, isto é, melhora na movimentação das pregas vocais, porém com fechamento glótico insuficiente.

Contudo, na análise perceptivo-auditiva não é possível identificar o aumento do ruído indicado pela análise acústica. Tal situação se justifica pelo fato de o instrumento (*software*) fazer uma análise linear do sinal, ou seja, na sua análise não participam fatores psicoacústicos do som, que na análise perceptivo-auditiva estão inevitavelmente presentes, uma vez que a curva da audição não é linear e sim logarítmica, ou seja, o ouvido humano é apto a perceber os fatores psicoacústicos presentes, fator esse que pode justificar a diferença entre as análises.

6.0 Conclusão

A partir da análise dos dados tanto acústica quanto perceptivo-auditivamente, pode-se concluir que em indivíduos com percentual de perda de peso de até 40% do peso inicial não se observou mudanças significativas nos parâmetros vocais analisados. Apesar de ocorrerem alterações nas análises acústicas, elas não obedecem a nenhuma tendência para nenhum dos grupos nesta faixa de percentual e ainda não apresentam nenhuma relevância estatística (possivelmente pelo fato de pequenas alterações no trato vocal não serem suficientes para gerar alterações perceptíveis).

Entretanto, no grupo “D”, perda de peso superior a 50%, as mudanças acústicas e perceptivas foram nitidamente significativas. No entanto, tal constatação não pode ser generalizada em virtude do número insuficiente de participantes com esse percentual de perda de peso.

Dessa maneira, a realização de outros trabalhos que englobem maior número de participantes nesta situação poderá comprovar ou não a tendência observada neste caso isolado.

Sugestão de trabalhos futuros:

- Análise Acústica associada à imagem nasofibrolaringoscópica pré e pós cirurgia Bariátrica.

O exame de imagem Nasofibrolaringoscopia possibilita visualização das cavidades de ressonância e também das pregas vocais na rima da glote. Portanto, com esse instrumento seria possível avaliar por meio da comparação das imagens, antes e depois, se ocorrem mudanças visivelmente observáveis na luz das cavidades, na

espessura dos tecidos e na quantidade de massa das pregas vocais propriamente ditas.

- Análise Acústica associada a Cefalometria pré e pós cirurgia Bariátrica.

A Cefalometria é um estudo odontológico que se baseia em traçados padronizados da face levando em consideração também os tecidos moles. Com esse estudo, talvez seja possível avaliar quantitativamente as implicações do emagrecimento.

- Medida da Tessitura Vocal pré e pós cirurgia Bariátrica.

Tessitura Vocal é o número máximo de notas que um indivíduo consegue emitir. Compreende o intervalo entre a nota mais grave e a mais aguda ou vice versa. Comparando a tessitura antes e depois do emagrecimento, poderíamos averiguar se houveram mudanças no desempenho vocal do indivíduo e, caso haja mudanças, em que sentido elas ocorreram, por exemplo: se a tessitura aumentou ou diminuiu na direção dos graves ou dos agudos, ou de ambos.

Os resultados deste estudo estão sendo publicados num capítulo do “Tratado de Cirurgia Plástica na Obesidade” previsto para ser lançado em de agosto de 2007 pela editora Rúbio sob o código ISBN: 978-85-87600-96-7. O artigo encontra-se entre os anexos (anexo IV).

7.0 Referências Bibliográficas

ABRANTES, M. M.; LAMOUNIER, J. A.; COLOSIMO, E. A. (2003) Prevalência de sobrepeso e obesidade nas regiões Nordeste e Sudeste do Brasil. **Revista da Associação Médica Brasileira**, São Paulo, v.49, n.2, p 162 – 166, abr/jun.

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

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

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

ARAÚJO, S. A. (1999). **Análise acústica da voz normal**. 88 f. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 1999.

ARAÚJO, S. A.; GRELLET, M. PEREIRA, J.C.; ROSA, M.O. (2002). Normatização de medidas acústicas da voz normal. **Revista Brasileira de Otorrinolaringologia**, São Paulo, v. 68, n.4, p. 540-4, jul/ago.

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

AXELRUD, E; GLEISER, D; FISCHMANN, J. B. (1999). **Obesidade na adolescência**. Porto Alegre: Mercado Aberto.

BAKEN, R. J.; ORLIKOFF, R. J. (2000). **Clinical measurement of speech and voice**. 2 ed. United States of America: Singular Thomson Learning.

BARROS, A. P B.; ANGELIS, E. C. (2002). Análise acústica da voz. In: DEDIVITIS, R. A.; BARROS, A. P. B. **Métodos de avaliação e diagnóstico de laringe e voz**. São Paulo: Lovise, p. 201-221.

BEHLAU, M. S. (2001). **Voz: O livro do especialista**. Rio de Janeiro: Revinter.

BEHLAU, M; PONTES, P. (1995). **Avaliação e tratamento das disfonias**. São Paulo: Lovise.

BIELAMOWICZ, S, et al. (1996) Comparison of analysis systems for perturbation measurement. **Journal of Speech and Hearing**, v.39, p.126-164, 1996.

BLOCK, P. (1986). **Melhore sua voz: teoria e técnica de aperfeiçoamento vocal**. São Paulo: Tecnoprint .

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

BRASILEIRO, G. F. (2000). **Boglioto patologia**. Guanabara: Koogan.

BRAY, G.; BOUCHARD, C.; JAMES, W. (1998). **Handbook of Obesity**. New York: Marcel Dekker.

CAMARGO, Z. (2000). Avaliação Objetiva da voz. In: CARRARA- DE-ANGELIS, E.; FURIA, C. L. B.; KOWALSKI, L. P. **A atuação da fonoaudiologia na câncer de cabeça e pescoço**. São Paulo: Lovise, p. 175-194.

CAMARGO, Z. (1999). Da fonação à articulação: princípios fisiológicos e acústicos. **Revista da Fonoaudiologia**, São Paulo, v.2, n. 2, p. 14-9.

CASANOVA, J. P. (1997). **Manual de fonoaudiologia**. Porto Alegre: Artes médicas.

CASPER J; COLTON R. (1996). **Compreendendo os problemas da voz**: uma abordagem fisiológica para o tratamento dos distúrbios da voz. Porto Alegre: Artes Médicas.

CODIGO DE ÉTICA DA FONAUDIOLOGIA. (2004). Lei 6965/81. Conselhos Federais e Regionais de Fonoaudiologia.

COLEMAN, R. O. (1983). Acoustic Correlates of Speakers Sex Identification: Implications for the transsexual voice. **Journal of Sex Research**, New York, v.19, p. 293-295.

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

COSTA, O. H.; ANDRADA e SILVA, M. A. (1998). Alterações fisiológicas da voz. In: COSTA, O. H.; ANDRADA e SILVA, M. A. **Voz Cantada**: evolução, avaliação e terapia fonoaudiológica. São Paulo: Lovise, p.111-123.

DA CRUZ; I. B. M. et. al (2004) Prevalência de obesidade em idosos longevos e sua associação com fatores de risco e morbidades cardiovasculares. **Revista da Associação Brasileira de Medicina**, São Paulo, v.50, n.2, p.172-177, abr.-jun.

DÂMASO, A. (2003). **Obesidade**. Rio de Janeiro: Medsi.

DAVIS, S. B. (1979). Acoustic characteristics of normal and pathological voices. In: LASS, N. J. (Ed.). **Speech and language: advances in basic research and practice**. New York: Academic Press, p. 271-335.

DEDIVITIS, R. A.; BARROS, A. P. B. (2002). Fisiologia laríngea. In: DEDIVITIS, R. A.; BARROS, A. P. B. **Métodos de avaliação e diagnóstico de laringe e voz**. São Paulo: Lovise, p.39-52.

DIETZ, W. H. (1998). Prevalence of obesity in children. In: BRAY, G. BOUCHARD, C.; JAMES, W. P. T. **Handbook of obesity**. New York: Marcel Dekker, p. 93-102.

DIMITRIEV, L. ; KISILEV. (1979). Relationship between the formant structure of different types of supraglottic cavities. **Folia Phoniatrica**, Basel, v.32, p. 238-241.

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

DRETZKE, B. J. ; HEILMAN, K. A. (1998). **Statistics with Microsoft Excel**. New York: Prentice Hall.

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

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

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

FERREIRA, L. P.; ALGODOAL, M. J.; ANDRADE E SILVA, M. A. (1998). A avaliação da voz na visão (e no ouvido) do fonoaudiólogo: saber o que se procura para entender o que se acha. In: MARCHESAN, I. ZORZI, J. L.; GOMES, I. C. D. (Org). **Tópicos em Fonoaudiologia 1997/1998**. São Paulo: Lovise, v. 4, p. 393-413.

FISBERG, M. (1995). Obesidade na infância e adolescência. In: FISBERG, M. **Obesidade na infância e adolescência**. São Paulo: Fundação Byk, p. 9-13.

GLANTZ, S.A. (1992). **Primer of Bio-Statistic**. 3. ed. San Francisco: McGraw Hill, p. 67-109.

GRENEE M; MATHIESON R. (1989). **The voice and Its Disorders**. 5.ed. London: Wurr.

HIRANO, M. (1974). Morphological structure of the vocal cord as a vibrator and its variations. **Folia Phoniatic.**, 26:89-94.

HIRANO. M. (1980). **Clinical examination of voice**. Viena: springer-veriag.

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

HORII, Y. (1982). Jitter e Shimmer differences among sustained vowel phonations. **Journal of Speech and Hearing Research**. Rockville, v.25, p. 12-14.

HORII, Y. (1980). Vocal Shimmer in sustained phonation. **Journal of Speech and Hearing Research**, Rockville, v.23, p. 202-209.

ISHITANI, L. H. (2004). Causas múltiplas de morte por doenças crônico-degenerativas: uma análise multidimensional. **Cadernos de Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v.20, n. 5, p.1223-1231, set.-out.

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

KENT, R. D.; READ, C. (1992). **The acoustic analysis of speech**. California: Singular Publishing.

KENT, R. D. (1997). **The speech sciences**. London: Singular Publishing.

KENT, R. D. (1993). Vocal tract acoustics. **Journal of voice**, Saint Louis, v.7, p. 97-117.

KEYS, A. et al. (1972).- Indices of relative weight and obesity. **Jornal of Chronic Diseases**, Elmsford, v.25, p. 329-343.

KOIKE, Y. (1973). Applications of some acoustics measures for the evaluation of laryngeal dysfunction. **Studia Phonologica**, Kyoto, v.7, p.17-23.

LAMOUNIER, J. Á. (2000). Situação da obesidade na adolescência no Brasil. In: **OBESIDADE e anemia carencial na adolescência**. Salvador: Instituto Danone, p. 15-31.

LASS, N. et al. (1982). Effect of vocal distinguish on judgments of speakers sex and race. **Perceptual and Motor Skills**, Missoula, v.54, p.1235-1240.

LESSA, I. (2004) Doenças crônicas não transmissíveis no Brasil: um desafio para a complexa tarefa de vigilância. **Ciência e Saúde Coletiva**, 9 (4) : p 931-943

LIEBERMAN, P. (1963). Some acoustic measures of fundamental periodicity of normal and pathologic larynges. **Journal of Acoustical Society American**, v.35, p. 344-53.

MAHAN, L. K.; STUMP, S.E. (1998). **Alimentos, nutrição e dietoterapia**. São Paulo : Rocca.

MAZZA, C. S. ; KOVALSKYS, I. (2002). Epidemiología de la obesidad infantil en países de Latinoamérica. **Epidemiology of childhood obesity in Latinamerican** countries v. 4, p. 299-304, dic.

MONTAGNOLI, A. N. (1998). **Análise residual do sinal de voz**. 66 f. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1998.

MONTEIRO, C. A.; CONDE, W. L. (2000). Evolução da obesidade nos anos 90: a trajetória da enfermidade segundo estratos sociais no nordeste e sudeste do Brasil. In: MONTEIRO, C. A. (Org). **Velhos e novos males da saúde no Brasil**. São Paulo :Hucite Nupens.

MONTEIRO, C.A. et al. (2000). Da nutrição para a obesidade: a transição nutricional no Brasil. In: MONTEIRO, C. A. (Org). **Velhos e novos males da saúde no Brasil**. São Paulo: Hucite Nupens.

MOORE, G.P. (1971). Voice disorders organically based. In: TRAVIS, L.E. **Handbook of speech pathology and audiology**. New York: Appleton-Century-Crofts.

NHANES (National Health and Nutrition Examination Survey), Disponível em: < <http://www.cdc.gov/nchs/nhanes.htm>> Acesso em : 24 de maio de 2004.

NHI (National Heart Lung and Blood Institute)/ NIDDK (National Institute of Diabetes and Digestive and Kidney Diseases) (1998). **Clinical guidelines of overweight and obesity in adults**. Bethesda: National Institute of Health.

NOVAES, J.F. et al. (2003). Fatores associados à obesidade na infância e na adolescência. **Nutrição Brasil**, v. 2, n. 1.

OLIVEIRA, A. M. A. de, CERQUEIRA, E. M. M., SOUZA, J. S. et al. (2003). Sobre peso e Obesidade infantil: influencia de fatores biológicos e ambientais em Feira de Santana, BA. **Arquivos Brasileiro de Endocrinologia e Metabologia**, São Paulo, v.47, n.2, p.144-150, abr.

ORLIKOFF, R.F. (1990). The relation of age cardiovascular health to certain acoustic characteristics of male voices. **Journal of speech and hearing research**. Rockville, v.33, p. 450-457.

PEREIRA, J. C.; MONTAGNOLI, A. N. (1999). **Análise acústica do sinal de voz**. São Carlos: Escola de Engenharia de São Carlos/Universidade de São Paulo. (Apostila do Curso de Análise Acústica de Voz).

PIMENTA, J.; PINHO, S. M. R. (2001). A voz do Negro. In: PINHO, S. M. R. **Tópicos em Voz**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan.

PINHO, S. M. R. (2001). **Tópicos em Voz**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan.

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

PINHO, S. M. R. , PONTES, P. (2002). Escala de avaliação perceptiva da fonte glótica RASAT. **Vox Brasilis**.

POPKIN, B.M. et al. (1995). A review with emphasis on developing countries. **Obes Res** v.3 , Supl. 2, p.145-53.

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

REZENDE, E. M. et al. (2004). Causas múltiplas de morte por doenças crônico-degenerativas: uma análise multidimensional. **Cadernos de Saúde Pública**. Rio de Janeiro, v.20, n. 5, p.1223-1231 set/out.

ROBERT, R. SOKAL. F. (1981). **Biometry**: the principles and practices of statistics in biological research. 2. ed. New York: W. H. Freeman e Company.

ROMAN; E. P. et. al. (2004). Prevalência de sobrepeso e obesidade em escolares de etnia árabe na cidade de Foz do Iguaçu. **Revista Paulista de Pediatria**, São Paulo, v.22, n.1, p.23-30, mar.

ROSS, M. H.; REITH, E. J.; RONWELL, L. J. (1993). **Histologia: texto e atlas**. São Paulo: Panamericana.

SALDIVA, S. R. D. et. al. (2004). Prevalence of obesity in preschool children from five towns in São Paulo State, Brazil. **Caderno de Saúde Publica**, Rio de Janeiro, v.20, n.6, p.1627-1632, nov.-dez.

SANTOS, I. R. (2005) **Análise acústica da voz de indivíduos na terceira idade**. 2005. 186 f. Dissertação (Mestrado) – Interunidades em Bioengenharia, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2005.

SANTOS, I. R. ; DELL' ACQUA, R. M.; PEREIRA, J. C. (2003). A importância da utilização de programas de análise acústica de voz na prática clínica e em pesquisas científicas fonoaudiológicas. In: JORNADA FONOAUDIOLOGIA DA UNIVESIDADE DE SÃO PAULO. 10., 2003, Bauru. (Anais) Bauru, p 99.

SÃO PAULO (Estado) Conselho Regional de Fonoaudiologia. 2^a região. **Manual de fonoaudiologia**. São Paulo, 1997 (Anexo: Lei no. 6965 e Código de Ética).

SATALOFF, R. T (Ed). (1997). **Professional voice: the science and art of clinical care**. 2. ed. San Diego: Singular Pub. Group.

STEMPLE, J. C.; GLAZE, L. E. GERDEMAN, B. K. (1996). **Clinical voice pathology: theory and management**. 2. ed. California: Singular Publishing Group.

TADDEI, J. A. A. C. (1995). Epidemiologia da obesidade na infância. In: FISBERG, M. **Obesidade na infância e adolescência**. São Paulo: Fundação Byk, p. 14-18.

TAKAHASHI, H. E. ; KOIKE, Y. (1975). Some perceptual and acoustics correlates of pathologic voices. **Acta Oto-Laryngologica**. Stockholm, Suppl. 338, p. 1-25.

VASCONCELOS, V. L., SILVA, G. A. P. da. Prevalências de sobrepeso e obesidade em adolescentes masculinos, no Nordeste do Brasil, 1980-2000. (2003). **Cadernos de Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 19, n.5, p 1445 – 1451, set./oct.

WATON, J. ; ORLKOFF, R. (1994). Speakers race identification for acoustic cues in the vocal signal. **Journal of Speech and Hearing Research**, Rockville, v.37, n.4, p. 738-745, Aug.

WHO CONSULTATION ON OBESITY (1998). **Preventing an managing the global epidemic**. Genebra: Word Health Organization.

WOLFE, V.; CORNELL, R.; PALMER, C. (1991). Acoustic correlates of pathologic voice types. **Journal of Speech and Hearing Research**, Rockville, v.34, p. 509-516.

ZEMPLIN, W. R. (2000). **Princípio de anatomia e fisiologia em fonoaudiologia**. 4.ed. Porto Alegre: ArtMed.

8.0 ANEXOS

8.1 ANEXO A: Questionário

Universidade de São Paulo
Escola de Engenharia de São Carlos
Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto
Instituto de Química de São Carlos

Pós Graduação Interunidades em Bioengenharia
Avenida Trabalhador São Carlense, 400 – Centro
13.566-590 – São Carlos
Tels: (16) 3373 9585 / 3373 9573 – Fax

Nome: _____ Sexo: _____

Data de nascimento: ____/____/____ Idade atual: _____

Data da Cirurgia: ____/____/____ Peso atual: _____

Data de hoje: ____/____/____ Estado Civil: _____

Profissão: _____ Está exercendo? _____

Endereço: _____

Bairro: _____ Cidade _____

Telefone: _____ Celular: _____

E- mail: _____

RG: _____ CPF: _____

Questionário:

1) Possui algum tipo de alergia?

( ) não, ( ) sim, _____

2) É ou foi Fumante

( ) não, ( ) sim, sou ( ) sim, fui durante _____

3) Costuma consumir álcool?

( ) não ( ) sim (quanto e de que tipo?) _____

4) Apresenta alguma alteração digestiva? (Gastrite, ulcera, azia, etc)

( ) não ( ) sim _____

5) Apresenta alguma alteração hormonal? (menopausa, tireóide, etc)

( ) não ( ) sim

6) Apresenta alguma alteração Pulmonar? (bronquite, asma, etc)

( ) não ( ) sim _____

7) Apresenta alguma alteração faríngea? (faringites recorrentes, etc)

( ) não ( ) sim _____

8) Apresenta alguma alteração nasal? (desvio de septo, obstrução, etc)

( ) não ( ) sim _____

9) Apresenta alguma alteração de audição? (ouve mal ou não entende, zumbido)

( ) não ( ) sim _____

10) Utiliza algum medicamento periodicamente?

( ) não ( ) sim _____

11) Quantas e quais cirurgias já sofreu?

_____

12) Possui alguma alteração neurológica? (depressão, convulsões, etc)

( ) não ( ) sim _____

13) Como você utiliza sua voz diariamente?

( ) pouco ( ) quantidade média ( ) muito

Tem algum comentário sobre a sua voz que você considera importante?

8.2 ANEXO B: Carta de Informação

**Universidade de São Paulo
Escola de Engenharia de São Carlos
Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto
Instituto de Química de São Carlos**

Pós Graduação Interunidades em Bioengenharia

Avenida Trabalhador São Carlense, 400 – Centro
13.566-590 – São Carlos
Tels: (16) 3373 9585 / 3373 9573 – Fax

CARTA DE INFORMAÇÃO AO PARTICIPANTE

Título do projeto:

“Análise Acústica da Voz de Obesos Mórbidos pré e pós Cirurgia Bariátrica”

Autores: Fonoaudióloga: Raquel Malara Dell’Acqua

Prof. Dr. José Carlos Pereira

Orientador Responsável: Prof. Dr. José Carlos Pereira

O objetivo deste estudo é comparar os parâmetros acústicos e perceptivo auditivos da voz de obesos mórbidos antes e depois do tratamento cirúrgico para a obesidade.

Farão parte dos procedimentos, uma entrevista acerca do estado de saúde geral do participante e sua utilização vocal diária. Outra parte, será a aferição do peso do participante, esta será realizada várias vezes, e por ultimo serão feitas gravações da voz do participante.

A seguir, a fonoaudióloga analisará as vozes coletadas ouvindo-as e avaliando-as. A mesma voz, será ainda avaliada por um programa de computador que realizará a análise acústica da mesma.

Para a entrevista, será entregue um questionário que o próprio participante preencherá.

A aferição será realizada com uma balança domestica analógica.

As gravações serão feitas com o participante sentado a uma distancia de 5 cm de um microfone, após inspiração, será realizada a emissão da vogal /a/ sustentada pelo máximo de tempo possível, e na intensidade e tonalidade habituais de fala.

Os procedimentos de aferição do peso e gravação da voz serão repetidos mensalmente da mesma forma.

Os procedimentos supra citados, não são invasivos, nem dolorosos e não causarão desconforto físico ao participante. Também não causarão nenhum dano a saúde física e mental do participante e seus riscos são próximos de zero.

Não haverá custo algum em nenhum momento para a participação no estudo. Além disso, o participante tem o pleno direito de retirar seu consentimento a qualquer momento e deixar de participar do estudo, sem a necessidade de expor suas razões.

Os autores também se propõem a esclarecer qualquer dúvida que os participantes venham a levantar referentes ao estudo em questão.

Todas as informações obtidas decorrentes deste projeto ficarão em sigilo e a identificação do mesmo não acontecerá nas publicações advindas dessa pesquisa.

Para qualquer dúvida, reclamação ou para finalizar participação, o participante poderá contatar o Departamento de Pós Graduação em Bioengenharia pelos telefones: (16) 3373 9585 e/ou (16) 3373 9573 – Fax, ou com a Fonoaudióloga Raquel Malara Dell’Acqua pelo telefone (16) 33367929 ou e-mail: raquelfonousp@hotmail.com.

8.3 ANEXO C: Termo de Consentimento

**Universidade de São Paulo
Escola de Engenharia de São Carlos
Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto
Instituto de Química de São Carlos**

Pós Graduação Interunidades em Bioengenharia

Avenida Trabalhador São Carlense, 400 – Centro
13.566-590 – São Carlos
Tels: (16) 3373 9585 / 3373 9573 – Fax

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Pelo presente instrumento que atende às exigências legais do CONSELHO NACIONAL DE SAÚDE – RESOLUÇÃO n.º 196, de 10 outubro de 1996 o Sr (a) :

_____

portador da cédula de identidade _____

residente à: _____

na cidade de: _____,

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

Por este termo o participante confirma que está ciente dos objetivos e dos procedimentos utilizados na pesquisa, confirma que está ciente de que os procedimentos aos quais será submetido não são invasivos e nem dolorosos. Confirma que está ciente de que os procedimentos da pesquisa não causam desconforto e que oferecem riscos próximos de zero.

O participante também atesta estar ciente da possibilidade de retirar seu consentimento na participação do estudo, atesta que não terá nenhum ônus na participação e que terá sua identidade preservada incondicionalmente.

Por estar de acordo, assinam o presente termo o participante e a pesquisadora responsável.

Araraquara – SP, _____ de _____ de _____.

Participante da Pesquisa

Raquel Malara Dell'Acqua

CRFa 12.213

Responsável pela pesquisa

Parâmetros acústicos da voz relacionados à soproidade

Acoustic parameters related to breathy voice

Ivani Rosa dos Santos¹, Raquel Malara Dell'Acqua¹, Maurício Raymundo De Cunto², José Carlos Pereira³

RESUMO

O objetivo deste estudo foi rediscutir os parâmetros acústicos da voz relativos à forma do sinal, visando sua interpretação física e o estabelecimento de uma linguagem comum às diversas áreas concernentes ao tema. Para isso, foram discutidos os parâmetros propostos na literatura, especificamente os parâmetros oriundos das técnicas espectrais, filtragem inversa e cepstral, visando a adequação da terminologia sob o enfoque interdisciplinar. Um sinal tem três características básicas: período, amplitude e conformação. Todos os parâmetros acústicos da voz relacionados à forma são aqui interpretados e relacionados à avaliação perceptivo auditiva, ressaltando-se a acentuada redundância entre estes parâmetros. Com base nessa discussão, é possível concluir que a análise acústica é uma ferramenta útil na quantificação de disfonias. A interpretação dos parâmetros sob o enfoque fonoaudiológico é fundamental e a criação de uma terminologia comum que atribua significado clínico aos parâmetros possibilita melhor acurácia do diagnóstico.

DESCRIPTORES: Acústica da fala; Qualidade da voz; Processamento de sinais assistido por computador/instrumentação; Distúrbios da voz; Espectrografia da voz/classificação; Percepção auditiva; Software

INTRODUÇÃO

O ferramental matemático disponível encontra aplicação no mundo real duplamente. Primeiro através da análise, onde as técnicas nos permitem "dissecar" sistemas e os sinais complexos em partes mais simples ou ainda permitem realçar características de interesse. Por outro lado, a síntese percorre o caminho inverso da análise e possibilita a "confeção" do sistema ou sinal desejado a partir de modelos matemáticos mais simples que os reais⁽¹⁾. Requer salientar que ambos os enfoques não são conflitantes, mas complementares.

Dentro do escopo deste texto, o sinal de voz constitui-se num exemplo adequado para se ilustrar a contribuição da

matemática no estudo da fala. O modelo fonte filtro de produção vocal⁽²⁻⁴⁾ que sintetiza a voz a partir do pulso glotal e a sua interação com a função característica do trato vocal⁽⁵⁾, "confeccionaram" o modelo de duas massas das pregas vocais acoplado aos tratos nasal e oral para a produção de sons vocálicos.

No sentido inverso ao da síntese, inúmeros autores têm proposto parâmetros para analisar a voz⁽⁶⁾. Dada a miríade de ferramentas matemáticas existentes, não raro, os parâmetros acústicos propostos apresentam redundância, sendo a única diferença os domínios onde são calculados ou mesmo a unidade de cálculo⁽⁷⁾. Por exemplo, a perturbação de frequência (jitter) pode ser apresentada em valor absoluto (milissegundos), em porcentagem ou em dB (decibel)⁽⁸⁻¹⁰⁾.

Nos sinais vocálicos encontramos quatro técnicas principais, onde os parâmetros acústicos são propostos, a saber: I - medidas de perturbação; II - medidas espectrais; III - filtragem inversa e IV - técnica cepstral.

A primeira técnica já foi abordada com enfoque similar ao deste artigo⁽¹¹⁾. Visando complementar o tema, será realizada aqui uma descrição conceitual dos parâmetros acústicos classificados em cada uma das técnicas restantes.

I - Medidas de perturbação

Vozes normais apresentam sinais quase-periódicos, dificultando sua análise através de técnicas matemáticas (usadas em sinais periódicos) e estatísticas (usadas em sinais aleatórios). Pequenas perturbações tanto em frequência quanto em

¹ Fonoaudióloga, Mestranda do Programa de Pós-Graduação Interunidades em Bioengenharia (Escola de Engenharia de São Carlos - Instituto de Química de São Carlos - Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto/Universidade de São Paulo (SP)).

² Engenheiro Eletricista, Mestrando do Programa de Pós-Graduação Interunidades em Bioengenharia (Escola de Engenharia de São Carlos - Instituto de Química de São Carlos - Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto/Universidade de São Paulo (SP)).

³ Doutor do Departamento de Engenharia Elétrica, (Escola de Engenharia de São Carlos - Universidade de São Paulo). Professor Titular da Universidade de São Paulo (SP).

Este trabalho foi desenvolvido no Programa de Pós-Graduação Interunidades em Bioengenharia (Escola de Engenharia de São Carlos - Instituto de Química de São Carlos - Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto/Universidade de São Paulo). São Carlos (SP).

Endereço para correspondência: Maurício Raymundo de Cunto, Rua Dias de Toledo, 96, Saúde, CEP 04143-030, São Paulo - SP. E-mail: mauriciodecunto@uol.com.br

Recebido em: 13/10/04; Aceito em: 21/01/05

amplitude, estão presentes nas vozes classificadas como normais e, desta forma, qualquer uma das técnicas utilizadas introduz um erro inerente na análise.

Nas vozes disfônicas são encontradas grandes alterações na periodicidade e na amplitude do sinal quando comparadas a vozes normais, causadas por aumento ou diminuição de massa de pregas vocais, presença de calosidades, ou alterações neurológicas⁽¹²⁻¹³⁾.

Diversos autores⁽¹⁴⁻²¹⁾ utilizaram parâmetros de perturbação para classificar as várias qualidades de voz. Existem trabalhos onde esses parâmetros são ricamente detalhados⁽¹¹⁾.

II - Parâmetros espectrais

As ferramentas matemáticas que possibilitam a representação de um sinal temporal no domínio da frequência são as "transformadas", sendo a "transformada de Fourier" a mais conhecida, devido ao algoritmo FFT (Fast Fourier Transform) que permite calculá-la com maior rapidez.

A transformação de um sinal complexo no "domínio do tempo" para o "domínio da frequência" possibilita a decomposição desse sinal em suas componentes básicas (os harmônicos) facilitando sua análise, bem como a visualização do ruído⁽²²⁾.

No caso da voz humana, que é um sinal complexo, utilizando tal teoria, é possível visualizar a frequência fundamental, as componentes harmônicas, estimar a quantidade de ruído na voz⁽²³⁻²⁴⁾, bem como avaliar os formantes contidos no sinal. Em suma, quando o sinal de voz é observado no domínio da frequência temos uma melhor visualização dos seus componentes. Quando este sinal é observado no domínio do tempo, as componentes harmônicas não são nitidamente observáveis.

III - Técnica de filtragem inversa - residual e glotal

Dentre os diversos modelos matemáticos para a produção da voz, o que encontra melhor compromisso entre simplicidade e acurácia é o modelo linear fonte-filtro⁽²⁵⁾ e adotado por outros autores^(2,14). Basicamente esse modelo pressupõe três principais subsistemas acústicos para a produção da voz: subsistema de conformação do pulso glótico; subsistema que caracteriza o trato vocal e subsistema de radiação labial.

Fant⁽²⁾, no domínio espectral, caracterizou este modelo por meio da equação:

$$S(z) = G(z) \cdot V(z) \cdot L(z)$$

onde: $S(z)$ representa o sinal de voz / fala; $G(z)$ o conformador do pulso glotal; $V(z)$ constitui as características do trato vocal e $L(z)$ a radiação labial.

Ressalta-se que, matematicamente, a separação entre trato vocal e a radiação labial é devida às diferentes características acústicas entre os mesmos⁽²⁵⁾. O trato vocal é responsável por ressonâncias (formantes), enquanto a radiação labial é responsável pela propagação do som. Sobre outro prisma, o modelo "perceptivo auditivo" inerente à Fonoaudiologia não faz distinção entre trato vocal e radiação labial.

A produção da voz realizada pelo modelo linear fonte-filtro considera pulsos regulares como entrada, ou seja, sintetiza um sinal o mais próximo possível de uma voz real por meio de equações matemáticas. Uma vez estabelecido o modelo ótimo para a sintetização vocal, pode-se utilizá-lo para análise.

A análise pode ser feita introduzindo um sinal real de voz, geralmente muito mais complexo que o sinal sintetizado, no filtro inverso do modelo otimizado resultando em um sinal residual. Esta técnica é denominada técnica de filtragem inversa residual.

O filtro inverso glotal utiliza a mesma técnica, porém retira os efeitos da radiação labial e do trato vocal, preservando as características do subsistema glotal. Conseqüentemente o sinal obtido é o pulso glotal, ao invés do sinal residual.

IV - Técnica cepstral

Quando temos acesso a uma voz (aqui denominado de produto final) não somos capazes de extrair ou separar o sinal glótico "puro" das influências do trato vocal e radiação labial. Não conseguimos isolar cada um destes componentes que formam este sinal complexo final, devido ao fato da voz humana não ser um sinal simples, mas sim produto de uma convolução de subsistemas.

O intuito desta sessão é apresentar uma técnica matemática que tem por função decompor sinais complexos. Essa técnica, que será explorada no decorrer do texto, é denominada de técnica cepstral.

Historicamente, o estudo da técnica cepstral data de 1963 a partir de um estudo heurístico de Bogert⁽²⁶⁾ para encontrar os tempos de chegadas dos ecos de sinais compostos, em áreas com abalos sísmicos. Tal estudo foi também empregado em radares e sonares onde os sinais apresentavam interações com o meio ambiente ou podiam sofrer interferências. Estes fenômenos foram considerados como sinais complexos, e até o início do estudo destes sinais⁽²⁶⁾, não era possível ter acesso ao sinal primário (por exemplo, a explosão nas profundezas da terra), mas somente a convolução resultante da explosão com as características da crosta terrestre. Originalmente, a técnica cepstral decompõe dois ou mais sinais desde que suas componentes espectrais não ocupem a mesma faixa de frequências⁽²⁷⁾.

Outros pesquisadores⁽²¹⁻²⁸⁾ continuaram os estudos inicialmente propostos por Bogert e, baseando-se em análise de Fourier, conseguiram aplicar os estudos da técnica cepstral para a extração da frequência fundamental do sinal da voz e as características do trato supra glotal.

Verifica-se que o sinal da voz é plausível de ser analisado pela técnica cepstral por ser convolutivo e apresentar faixas de frequências bem separadas para o gerador glotal (pitch) e para o trato vocal (formantes).

Parâmetros acústicos

Após a explanação geral das várias técnicas utilizadas na análise da voz humana, serão focalizados os parâmetros de modo específico, apresentando-os e correlacionando com os

dados matemáticos, procurando auxiliar a reflexão e a interpretação⁽²⁹⁾ da aplicabilidade dos parâmetros na prática da avaliação acústica da voz.

1 - Filtro inverso residual

Essa técnica é baseada em um modelo matemático de síntese de voz, onde através de pulsos de entrada constrói-se um sinal artificial de voz.

A técnica de filtragem residual consiste em filtrar inversamente um sinal real de voz removendo, matematicamente, todas as características acústicas do sistema vocálico, resultando nos pulsos propostos pelo modelo criado.

Uma vez que o processamento matemático realizado sobre o sinal é conhecido, toda informação contida no sinal de voz real também estará presente no sinal residual, possibilitando assim a análise completa do sinal.

Neste grupo destacamos os seguintes parâmetros:

Coefficiente de Excesso (EX): Este parâmetro avalia a distribuição de amplitudes de um sinal voz^(14,29). Basicamente é um correlato estatístico da relação harmônico/ruído (HNR). Para uma voz normal é esperado que na maior parte do tempo o sinal permaneça em torno do valor zero (em amplitude). Consequentemente, a distribuição de amplitudes deste sinal apresenta forte concentração em torno do zero, conforme mostrado na Figura 1 - curva 1.

Figura 1. Distribuição de amplitudes para a vogal /a/ sustentada: Curva 1 – vozes normais; Curva 2 – vozes disfônicas.

Para vozes disfônicas, o sinal é distorcido ocasionando uma maior dispersão de valores e, desta forma, suavizando a distribuição de amplitudes conforme mostrado na Figura 1 - curva 2.

Quando analisamos um sinal residual da voz podemos verificar a distribuição das amplitudes dos seguintes modos: na curva 1, vemos uma distribuição com forma gaussiana, alta e estreita, cujo formato representa uma voz normal. Na curva 2 temos uma distribuição similar, porém baixa e larga, representando uma voz disfônica.

Nivelamento Espectral (SF- Spectral Flatness): É um parâmetro que avalia o quão plano é o envoltório do espectro. Fundamentalmente quantifica a parcela necessária para atin-

gir um nível plano do espectro (referenciada como 0 dB). Associamos à voz ruidosa maiores componentes espectrais nas altas frequências, conseqüentemente o comportamento espectral macroscópico de uma voz ruidosa está mais próxima do nível 0 dB (plano) que uma voz normal.

A Figura 2 apresenta o espectro de uma voz normal e a Figura 3 o espectro de uma voz patológica. Note que o espectro da voz normal contém uma estrutura regular de harmônicos até as altas frequências, enquanto a voz patológica apresenta uma estrutura irregular nessa faixa. Nas Figuras 2 e 3 são ainda apresentadas as envoltórias dos sinais, que estão relacionadas com a atuação do trato vocal - os picos contidos nesta linha envoltória constituem-se nos formantes da voz.

Figura 2. A envoltória identifica uma voz normal (presença clara de picos dos formantes).

Figura 3. A voz patológica é caracterizada por uma envoltória mais plana, ou seja, com menor definição dos formantes.

O nivelamento espectral (SF) é a quantificação da área necessária para atingir um nível de referência arbitrária estipulado em 0 dB (linha horizontal superior das Figuras 2 e 3), conseqüentemente a suavidade espectral é a quantificação da área em destaque na Figura 3.

A suavidade espectral pode ser aplicada tanto ao sinal residual glótico quanto ao trato vocal. Desse modo temos os seguintes parâmetros:

Nivelamento espectral do resíduo (SFR): Este parâmetro mede as mudanças no espectro da forma glotal espectral que podem ter sido ocasionadas por patologias laríngeas. Traz informações do pulso glótico mascarando informações da atuação do trato vocal e da radiação labial.

Nivelamento espectral do filtro (SFF): Este parâmetro mede a envoltória do espectro (em decibéis) e avalia a ressonância do trato vocal.

Tais medidas foram utilizadas para a avaliação vocal por grandes estudiosos^(14, 30). Em termos práticos, podemos dizer que o SFR analisa e traz informações quanto ao formato do pulso glotal, enquanto o SFF avalia a ressonância do trato vocal (avalia quantitativamente a atuação do filtro).

Amplitude do Pitch (PA): Este parâmetro foi definido⁽¹⁴⁾ como sendo o valor médio da autocorrelação das amplitudes do sinal residual. O valor de PA é normalizado (entre zero e um) sendo alto para as vogais, tem um valor intermediário para sons fricativos sonoros e valor nulo (zero) para as fricativas não-vozeadas (tal como em /f/ ou /s/).

É um parâmetro acústico no domínio do tempo e estima o índice de vocalização. O valor do PA diminui proporcionalmente com o nível de aspereza ou sopro, consequentemente, por meio deste parâmetro é possível verificar os efeitos de uma patologia sobre a vocalização^(29, 31).

2 - Filtro inverso glotal

A estratégia utilizada nesta classe de parâmetros assemelha-se à filtragem inversa residual, sendo que aqui se preserva o subsistema glotal. Portanto, o sinal resultante é o pulso glotal, propiciando as várias medidas desta classe.

O pulso glótico característico de uma voz normal pode ser visto na Figura 4 com período "T", composto de dois tempos T1 - tempo de fechamento e T2 - tempo de abertura.

Figura 4. Pulso glotal gerado matematicamente.

Baseado na dinâmica do pulso glótico, vários parâmetros foram propostos na literatura, dentre estes destacamos:

Quociente de Abertura (OQ): Este parâmetro mede a relação entre o tempo de abertura da glote pelo tempo total de um ciclo (período). Segundo pesquisadores⁽¹⁴⁾, este parâmetro está relacionado à intensidade vocal. Quando maior a intensidade vocal, menor será o valor de OQ.

Quociente de fechamento (CQ): Este parâmetro mede a relação entre o tempo de fechamento e o tempo total (período). Este parâmetro é complementar ao anterior (OQ).

Quociente de Velocidade (SQ): Este parâmetro é dado pela razão entre o tempo de abertura e o tempo de fechamento.

Podemos correlacionar estes parâmetros pensando que quando o SQ tem um valor muito alto, temos uma voz com

baixa intensidade; e quando temos um SQ com valor baixo, significa que temos uma voz com maior intensidade.

Note que há aparente similaridade entre SQ e os parâmetros OQ e CQ, pois SQ é a razão entre OQ e CQ. No entanto, o SQ avalia mais efetivamente a assimetria do pulso glotal, auxiliando na identificação de queda da qualidade vocal.

Índice de Velocidade (SI): Este parâmetro foi elaborado relacionando a diferença entre os tempos de abertura e fechamento do pulso glótico pela soma dos mesmos.

Se o SI for nulo, o pulso glotal é simétrico, se for +1 o tempo na qual a glote permanece aberta é muito maior que o tempo em que ela fica fechada, e se for -1 ocorre o inverso.

Relação de excitação glotal/ruído (GNE): Este parâmetro é utilizado a fim de estimar a quantidade de ruído presente no pulso glótico. Em suma, é o correlato glotal da relação sinal/ruído (SNR).

3 - Medidas espectrais da voz

Nem sempre é possível visualizar certas características acústicas da voz no domínio do tempo. A transformação do sinal para o domínio da frequência realça essas características permitindo melhor análise do conteúdo do sinal.

Fundamentalmente, o espectro da voz separa a informação (sinal) do resto (ruído). Portanto, todos os parâmetros propostos para este domínio, de alguma maneira, estabelecem alguma relação entre o sinal e o ruído.

Na Figura 5 pode-se visualizar o espectro de um sinal sonoro com suas componentes harmônicas, bem como o ruído inter-harmônicos.

Figura 5. Detalhe (c) obtido de um espectro do sinal de voz (a e b), onde podemos visualizar as componentes do sinal e o ruído inter-harmônicos presente nesta amostra.

Basicamente as medidas espectrais relacionam as componentes harmônicas do sinal e o ruído. Inúmeros parâmetros têm sido propostos na literatura neste domínio, onde destacamos:

Relação Sinal-Ruído (SNR): É a relação entre as amplitudes espectrais do sinal vocal puro e as amplitudes espectrais do ruído. Este parâmetro mede a qualidade da voz e quanto maior esta relação melhor é a voz.

Relação Harmônico-Ruído (HNR): É razão entre a potência (amplitude do sinal ao quadrado) de um sinal isento de ruído pela potência do ruído contido neste sinal⁽³²⁾.

Intensidade relativa de harmônicos (HR): Este parâmetro é a intensidade dos harmônicos (a partir do segundo) dividi-

da pela intensidade total do sinal. Quando a componente fundamental é incluída no numerador esse parâmetro passa a ser chamado de intensidade relativa do sinal (Sr).

Harmônicos Relativos (RA): É a razão entre as intensidades das componentes harmônicas e as componentes inter-harmônicas fornecendo valores em dB. Ou seja, é mais uma maneira de se definir a relação sinal ruído.

Nível Espectral de Ruído (SNL): Visando detectar aspezeza na voz, outros pesquisadores⁽³³⁾ propuseram esse parâmetro tomando o mínimo valor de amplitude em faixas de 100 Hz, excetuando-se a primeira (0-100Hz) e somando-se todos esses mínimos em diferentes intervalos de frequência.

Energia Normalizada de Ruído (NNE): Esse parâmetro é obtido por meio da relação: ruído dividido por sinal. O resultado é apresentado em dB.

Espectro Médio de Longo Termo (LTAS): Matematicamente este parâmetro é definido como sendo o espectro médio de potência de um sinal, fornece as informações de cada componente das frequências do sinal vocálico, permitindo a visualização gráfica da distribuição da potência em várias faixas de frequência.

Outros pesquisadores⁽³⁴⁻³⁵⁾ sugerem que um parâmetro acústico para comparar qualidades vocais pode ser a razão entre intensidades acima de 1 kHz e abaixo de 1kHz.

Relação de Potência em Alta Frequência (HFPR): Em vozes soprosas o ruído de altas frequências apresenta-se com grandes valores. Este parâmetro (HFPR) é uma razão entre a potência nas altas frequências pela potência total do sinal.

Visando a eficiência deste parâmetro, uma pesquisa⁽³⁶⁾ verificou vários limiares de alta frequência determinando que o valor ótimo na discriminação entre vozes soprosas e normais, é de 6 KHz.

Portanto o HFPR é a razão entre a potência acima de 6KHz pela potência total do sinal.

Em conclusão, estes parâmetros basicamente relacionam o sinal e o ruído com diferentes enfoques visando detectar características das vozes disfonias.

4 - Parâmetros do cepstrum

A técnica cepstral é considerada altamente complexa e aplica transformações (operações matemáticas) no sinal de voz, conformando-o para ser processado por técnicas de filtragem matemáticas clássicas. Inicialmente é aplicada Transformada de Fourier no sinal de voz para converter a convolução em multiplicação. Em seguida, aplica-se o logaritmo para transformar a multiplicação em soma. Por fim, aplica-se a Transformada de Fourier inversa para retornar ao domínio do tempo. Este sinal distorcido (*cepstrum*) está apto a ser filtrado por técnicas clássicas^(27, 37).

A técnica cepstral distorce e inverte os domínios. O que antes era caracterizado no domínio da frequência, agora é aplicado no domínio do tempo. Essa inversão ocasionou termos como: *quefrequency*; *cepstrum*; *liftering*, que são anagramas de *frequency*, *spectrum* e *filtering*. Essa inversão das palavras justifica-se, pelo fato de que, pela técnica cepstral aplica-se técnicas características do domínio espectral no domínio do tempo.

A técnica cepstral através de transformações matemáticas separa componentes convoluídas presentes no sinal original. No caso da voz separa-se o pitch das formantes, possibilitando sua análise individual.

Vários são os parâmetros definidos sobre o cepstrum do sinal de voz, dentre eles citamos:

Relação harmônica/ruído (HNR Cepstral): É um parâmetro de avaliação do ruído no sinal da voz, que através do *liftering* (filtragem no domínio do tempo) remove a componente de frequência fundamental do cepstrum. O sinal obtido tem componentes harmônicas e ruído, e a relação entre a energia total dos harmônicos pela energia do ruído é definida como HNR Cepstral.

Proeminência de pico cepstral (CPP - Cepstral peak prominence): No cepstrum os valores dos harmônicos podem ser representados por uma reta (função linear) obtida através de regressão linear. CPP corresponde à diferença entre a amplitude da frequência fundamental e sua amplitude obtida nesta regressão linear. É um parâmetro útil na avaliação de vozes soprosas (de modo geral avalia a qualidade vocal).

Coefficiente de Pearson na autocorrelação (RPK): Este parâmetro mede o padrão de periodicidade da voz, baseado no conceito de autocorrelação, no qual grandes variações evidenciam vozes patológicas.

Relação entre amplitude e média do sinal (P/A): Este parâmetro corresponde à razão entre o valor da amplitude e o valor médio absoluto do sinal num intervalo de tempo. Nas amostras de vozes patológicas, o valor de pico é próximo ao valor médio, diferente das amostras de vozes normais, onde o valor de pico é muito superior ao valor médio.

DISCUSSÃO

Fundamentalmente o sinal de voz tem três características a serem analisadas: o período e a amplitude com suas respectivas perturbações e a conformação do sinal.

A perturbação dos dois primeiros são quantificados, respectivamente pelo jitter e shimmer. A conformação pode ser quantificada pela maioria dos parâmetros apresentados neste artigo, exibindo uma acentuada redundância entre estes, ou seja, essencialmente estes parâmetros quantificam a relação entre o sinal e o ruído contidos na voz⁽³⁸⁾.

A razão de tanta redundância reside nas especificidades de cada linha de pesquisa, na inexistência de padrões estabelecidos para cada um dos parâmetros acústicos da voz, além da validação do parâmetro proposto ser aferida na experiência clínica. Dada a situação específica da experimentação, os parâmetros propostos na literatura, embora encermem os mesmos conceitos matemáticos, se tornam efetivos dentro destas particularidades.

Seguindo esse raciocínio, se conveniente, podemos propor novos parâmetros, desde que estes se mostrem eficientes dentro da aplicação particular de quem o propõe e que tenha uma comprovação clínica ou perceptiva.

Dando um enfoque puramente computacional, vários algoritmos são utilizados com suas características particulares visando melhor desempenho, precisão e simplicidade na utilização, fatores esses que resultam em diferentes valores

dos parâmetros. Diferentes programas de análise acústica de voz podem apresentar resultados significativamente diferentes para o mesmo parâmetro.

O clínico, com sua experiência, estabelece sua própria padronização criando para si escalas para avaliar a qualidade vocal. A análise acústica lhe permite correlacionar valores numéricos a esta particular escala. Os limites entre a normalidade e a patologia vocal propostos pelos programas de análise foram estipulados sob condições que muitas vezes não condizem com a realidade. Uma vez que a utilização da mesma instrumentação esteja garantida, o uso contínuo da análise acústica possibilita a criação de uma escala particular de percepção independentemente dos limites propostos pelo fabricante.

Além de a análise acústica propiciar uma evolução da avaliação perceptual, o uso concomitante de ambas as avaliações auxilia num diagnóstico mais acurado.

COMENTÁRIOS FINAIS

O concurso entre áreas correlatas propicia um enriquecimento científico entre elas. No caso específico entre a Fonoaudiologia e as ciências exatas, a quantificação dos parâmetros acústicos da voz, aliada à análise perceptivo-auditiva, criam uma interpretação mais fidedigna do mecanismo fonatório.

O especialista da voz, ao interagir com as ciências exatas, maximiza a sua compreensão dos dados antes subjetivos, possibilitando o registro de sua percepção por meio de ferramentas computacionais e sua comparação com dados anteriormente adquiridos. É possível também usar tais ferramentas tanto na avaliação quanto no processo terapêutico dos distúrbios vocais.

No que se refere especificamente aos parâmetros acústicos, é necessário compreender sua importância no contexto matemático, pois estes fornecem uma visão até então inexistente para a Fonoaudiologia, essencialmente perceptivo-auditiva. Os dados obtidos pela análise acústica não devem ser utilizados isoladamente, mas sim ligados intrinsecamente com

a experiência clínica. Para tanto, o especialista da voz deve desenvolver uma afinidade com a análise acústica a fim de aprimorar a sua percepção.

As escolhas de um bom equipamento e de um programa comprovadamente eficaz auxiliam na análise vocal, entretanto, equipamentos mais modestos, se utilizados por um longo período de tempo, aliados a uma boa percepção do especialista, podem levar a excelentes resultados. Fazendo uma analogia, a criação de sua própria "régua de medidas" pelo pesquisador, é de fundamental importância para um diagnóstico adequado.

Cabe ao pesquisador unir sua experiência clínica aos equipamentos e aos resultados obtidos através do programa de computador escolhido. A constância no uso deste conjunto de ferramentas permite, ao longo do tempo, uma solidez e maior segurança na interpretação do diagnóstico. É bom ressaltar que a substituição de parte do equipamento ou programa utilizado pode causar sérios prejuízos à fidelidade de seu trabalho.

Todos os parâmetros descritos nesse artigo avaliam, de modo geral, a relação existente entre o sinal e o ruído da voz, independente da apresentação de fórmulas e procedimentos matemáticos. O ruído quantificado tem sua contrapartida perceptiva na soproidade. Os outros tipos de "ruídos" vocais fonoaudiologicamente considerados, como por exemplo, a aspereza ou a diplofonia, não são quantificados por esses parâmetros, uma vez que no enfoque físico o ruído é definido pelo escape de ar que ocorre numa adução incompleta da glote. Com a investigação e observação mais atenta destes parâmetros podemos concluir que todos estes são muito parecidos e por diversas vezes considerados como idênticos.

A Fonoaudiologia contemporânea em relação à análise acústica computadorizada, depara com a ferramenta matemática que vem facilitar e aprimorar os conhecimentos da produção vocal. A avaliação vocal fonoaudiológica é complementada e enriquecida com a análise acústica, estabelecendo uma significativa importância nesta correlação e colaborando para o diagnóstico e tratamento das disfonias.

ABSTRACT

The aim of this study was to readdress the discussion about acoustic parameters related to signal waveforms allowing physical interpretation and establishing a common terminology to the different areas of study concerned with this subject. For this matter, the parameters proposed in the literature, specifically those related to spectrum analysis, inverse filtering and cepstrum analysis were discussed with the objective of determining an adequate terminology under interdisciplinary emphasis. Any signal has three basic characteristics: period, magnitude and waveshape. All acoustic parameters of voice related to waveform are interpreted here and compared with perceptive evaluation. Based on this discussion, it is possible to conclude that acoustic analysis is a useful tool to quantify dysphonic voice. The interpretation of acoustic parameters under the Speech-Language Pathology approach is of fundamental concern. It is very important to establish a common terminology in order to impose clinical meaning to these parameters, allowing better diagnostic accuracy.

KEYWORDS: Speech acoustic; Voice quality; Signal processing, computer-assisted/instrumentation; Voice disorders; Sound spectrography/classification; Auditory perception; Software

REFERÊNCIAS

1. Deem JF, Manning WH, Knack JV, Matesich JS. The automatic extraction of pitch perturbation using microcomputers: some methodological considerations. *J Speech Lang Hear Res.* 1989;32(3):689-97.
2. Fant G. Acoustic theory of speech production. 2nd ed. Paris: Mouton; 1970.
3. Fant G. Speech sounds and features. Cambridge: MIT Press; 1973.
4. Kent RD. Vocal tract acoustics. *J Voice.* 1993;7(2):97-117.
5. Ishizaka K, Flanagan JL. Synthesis of voice sounds from a two-mass model of the vocal cords. *Bell Syst Techn J.* 1972;56:889-918.
6. Bless DM, Baken RJ. Assessment of voice. *J Voice.* 1992;6(2):95-7.
7. Gould WJ, Korovings GS. Laboratory advances for voice measurements. *J Voice.* 1994;8(1):8-17.
8. Gelfer MP, Fendel DM. Comparisons of jitter, shimmer and signal-to-noise ratio directly digitized versus taped voice samples. *J Voice.* 1995;9(4):378-82.
9. Karnell MP, Scherer RS, Fischer LB. Comparison of acoustic voice perturbation measures among three independent voice laboratories. *J Speech Hear Res.* 1991;34(4):781-90.
10. Karnell MP, Hall KD, Landahl KL. Comparison of fundamental frequency and perturbation measurements among three analysis systems. *J Voice.* 1995;9(4):383-93.
11. Andrade LMO, Vieira JM, Rázera DE, Guerra AC, Pereira JC. Medidas de perturbações da voz: um novo enfoque. *Rev Fonoaudiol Bras.* 2002;2(2):39-46.
12. Kent RD, Weismer G, Kent JF, Vorperian HK, Duffy JR. Acoustic studies of dysarthric speech: methods, progress and potential. *J Commun Disord.* 1999;32(3):141-86, quiz 181-3, 187-9.
13. Kent RD, Read C. The acoustic analysis of speech. California: Singular Publishing; 1992.
14. Davis SB. Acoustic characteristics of normal and pathological voices. In: Lass NJ. Speech and language: advances in basic research and practice. New York: Academic Press; 1979. p. 271-335.
15. Horri Y. Fundamental frequency perturbation observed in sustained phonation. *J Speech Lang Hear Res.* 1979;22(1):5-19.
16. Horri Y. Vocal Shimmer in sustained phonation. *J Speech Lang Hear Res.* 1980;23:202-9.
17. Horri Y. Jitter e Shimmer differences among sustained vowel phonations. *J Speech Lang Hear Res.* 1982;25(1):12-4.
18. Eskenazi L, Childers DG, Hicks DM. Acoustic correlates of vocal quality. *J Speech Lang Hear Res.* 1990;33(3):298-306.
19. Martin D, Fitch J, Wolfe V. Pathologic voice type and the acoustic prediction of severity. *J Speech Hear Res.* 1995;38(4):765-71.
20. Bielamowicz S, Kreiman J, Gerratt BR, Dauer MS, Berke GS. Comparison of voice analysis systems for perturbation measurement. *J Speech Lang Hear Res.* 1996;39(1):126-64.
21. Wolfe V, Cornell R, Palmer, C. Acoustic correlates of pathologic voice types. *J Speech Lang Hear Res.* 1991;34(3):509-16.
22. Lieberman P. Some acoustic measures of fundamental periodicity of normal and pathologic larynges. *J Acoust Soc Am.* 1963;35(3):344-53.
23. Shoji K, Regenhagen E, Yu JD, Blaugrund SM. High-Frequency Components of Normal Voice. *J Voice.* 1991;5:29-35.
24. Titze IR, Horri Y, Scherer RC. Some technical considerations in voice perturbation measurements. *J Speech Hear Res.* 1987;30:252-60.
25. Coleman RF, Mabis JH, Hinson JK. Fundamental frequency - sound pressure level profiles of adult and female voices. *J Speech Hear Res.* 1977;20(2):197-204.
26. Bogert BP, Healey MJR, Tukey JW. The quefrency analysis of time series for echoes: Cepstrum, pseudo-autocovariance, cross-cepstrum and saphe cracking. In: Rosenblatt M. Proceedings of the Symposium on Time Series Analysis. New York: John Wiley and Sons; 1963. p.209-43.
27. Childers DG, Skinner DP, Kemerait R. The cepstrum: a guide to processing. *Proc IEEE.* 1977;65(10):1428-43.
28. Noll AM. Cepstrum pitch determination. *J Acoust Soc Am.* 1967;41(2):293-309.
29. Pereira JC, Montagnoli AN. Análise acústica do sinal de voz. São Carlos: Escola de Engenharia de São Carlos: Universidade de São Paulo; 1999. 65p. [Relatório].
30. Yanagihara N. Significance of harmonic changes and noise components in hoarseness. *J Speech Lang Hear Res.* 1967;10(3):531-41.
31. Montagnoli AN. Análise residual do sinal de voz [dissertação]. São Carlos: Universidade de São Paulo - Escola de Engenharia de São Carlos; 1998.
32. Yumoto E, Gould WJ, Baer T. Harmonics-to-noise ratio as an index of the degree of hoarseness. *J Acoust Soc Am.* 1982;71(6):1544-9.
33. Sansone FE, Emanuel FW. Spectral noise levels and roughness severity ratings for normal and simulated rough vowels produced by adult males. *J Speech Lang Hear Res.* 1970;13(3):489-502.
34. Prokjaer-Jensen BE, Prytz S. Registration of voice quality. *Bruel and Kjaer Technical Rev.* 1976;3(1):3-17.
35. Shoji K, Regenhagen E, Yu JD, Blaugrund SM. H-Index: a new measure of glottal efficiency for the pathologic voice. *Laryngoscope.* 1992;102(10):1113-7.
36. Baken RJ, Orlikoff RJ. Clinical measurement of speech and voice. 2nd ed. San Diego: Singular Thomson Learning; 2000.
37. Askenfelt AG, Hammarberg B. Speech waveform perturbation analysis: A perceptual-acoustical comparison of seven measures. *J Speech Lang Hear Res.* 1986;29(1):50-64.
38. Fex S. Perceptual evaluation. *J Voice.* 1992;6:155-8.

8.5 ANEXO E:

“Emagrecimento e Voz”

Raquel Malara Dell`Acqua

José Carlos Pereira

Introdução e Justificativa

Atualmente a obesidade tem sido encarada como um problema de saúde pública devido ao grande aumento do número de obesos em todo o mundo, em especial nos países desenvolvidos e em desenvolvimento. No Brasil, o problema da desnutrição ainda é bastante relevante, no entanto ao longo dos últimos anos a quantidade de obesos também vem crescendo acentuadamente. Junto com este aumento, as conseqüências da obesidade também vêm crescendo. Para minimizar estes problemas existem diversos tratamentos, reeducação alimentar, medicamentos e cirurgias sempre em conjunto com atividades físicas. Existem diversos graus de obesidade sendo a obesidade mórbida o grau que oferece maior risco a saúde do indivíduo, para esses casos o tratamento mais indicado é o cirúrgico. Com uma acentuada perda de peso, propiciada por este tratamento, muitas mudanças ocorrem no organismo dessas pessoas, de modo que se faz importante analisar se ocorrem alterações relevantes também nos parâmetros vocais desses indivíduos, uma vez que, para algumas profissões a voz é o principal instrumento de trabalho, a saber, cantores, locutores, professores entre outras. Também é bastante comum fazer a associação de uma “bela

voz” a indivíduos obesos, para exemplificar, no Brasil, é possível lembrar do grupo “Fat Family”, Ed Motta e Tim Maia.

Por todas essas questões o objetivo deste estudo foi investigar e quantificar os parâmetros acústicos vocais dos indivíduos que estão em processo de emagrecimento uma vez que são notáveis as mudanças que acometem o organismo dessas pessoas, inclusive no trato vocal, visto que na literatura, tanto nacional, como internacional na área da fonoaudiologia, há escassos estudos relacionados ao tema.

Este estudo foi realizado em nível de mestrado pela autora, no programa de Pós Graduação Interunidades em Bioengenharia da Universidade de São Paulo sob orientação de PEREIRA. O objetivo deste capítulo é relatar parte dos resultados encontrados nesta pesquisa de mestrado.

Obesidade, mudanças anatômicas e suas relações com a voz humana

O grande acúmulo de gordura, trás verdadeiras transformações na anatomia dos obesos. Isso fica muito claro quando acompanhamos um indivíduo que por meio de tratamento, especialmente cirúrgico, recuperou o seu BMI (*Body Mass Index*, do inglês) adequado.

Todas as partes do seu corpo diminuem acentuadamente, modificando consideravelmente a sua aparência.

Se essas grandes mudanças são tão facilmente observadas, pode-se estimar que por causa delas podem vir a ocorrer alterações nos parâmetros acústicos da voz dessas pessoas também decorrentes dessas grandes mudanças.

Figura 1: Participante da pesquisa pré cirurgia Bariátrica

Fonte: Imagem cedida e autorizada pela participante da pesquisa

Figura 2 Participante da pesquisa Pós Cirurgia Bariátrica

Fonte: Imagem cedida e autorizada pela participante da pesquisa

Tal suposição baseia-se no fato de que a voz humana é produzida de maneira complexa, e que mantém relação direta com a forma do trato vocal.

Fisiologia da Produção Vocal

A princípio os órgãos da fonação não tinham propriamente essa função. Tinham apenas a função de manutenção e preservação da vida (respiração, alimentação, etc). Posteriormente com a aquisição de novas aprendizagens, desenvolveu-se na escala filogenética a capacidade de fonar o que adaptou todas essas estruturas a uma nova função. É obvio que o Sistema Nervoso Central é o grande responsável por essa adaptação e perfeita coordenação de todas essas estruturas, que graças as suas vias e conexões, cria um conjunto funcional único [CASANOVA, 1997].

Tem-se na voz humana um dos principais instrumentos de comunicação, ela é produzida envolvendo mecanismos complexos, resulta da interação de diversos sistemas do nosso corpo: sistema nervoso central, sistema fonador e respiratório. Também é importante a participação do sistema auditivo para que o falante tenha um retorno auditivo da sua produção vocal. O som da voz é produzido na laringe, órgão pertencente ao sistema respiratório, local onde ficam as pregas vocais [ANDRADE et al., 2002; ARONSON, 1990; SATALOFF, 1997].

Participam da produção da voz, órgãos do sistema aerodigestivo que são:

Figura 3: Órgãos do Sistema Aerodigestivo

Fonte: acesso em 20/01/2007 www.asmaeallergia.it/atlanti_anatomia.php

Pulmão: age como fole propulsor do ar que ao passar pela laringe torna possível produzir a voz.

Traquéia: é o órgão que canaliza a corrente aérea expiratória até a laringe.

Laringe: é o órgão que produz pulsos glotais para a produção da voz.

Faringe: age como ressonador.

Cavidade Bucal: ressonadora, determinada obviamente, pela sua capacidade articulatória.

Lábios: responsável pela radiação do som para o meio externo.

Cavidade Nasal: é responsável por preparar o ar no momento da inspiração para proteger as estruturas aéreas inferiores e também age paralelamente como ressonador.

A produção vocal é produto da vibração das pregas vocais causada pela pressão da coluna de ar oriunda dos pulmões na expiração, mas a voz que ouvimos é o resultado de uma série de eventos biomecânicos que ocorrem após a produção do som vocal produzido na glote.

A vibração das pregas vocais, contidas no interior da laringe, é explicada pelo Efeito de Bernoulli.

Segundo Bernoulli, a corrente de ar que sai dos pulmões tem uma velocidade constante até encontrar um estreitamento na região da Glote. Nesse ponto a velocidade da corrente aumenta muito e essa passagem rápida do ar pelas pregas faz com que a pressão entre elas se torne negativa o que suga uma contra a outra reiniciando o ciclo [ZEMLIN, 2000].

Figura 4: Vista anterior e posterior da laringe

Fonte: acesso em 20/01/2007 www.corpohumano.hpg.ig.com.br/.../boca/boca.html

As pregas vocais

As pregas vocais originam-se na cartilagem tireóide, perto do ângulo e abaixo da incisura tireóidea, e inserem-se posteriormente na face Antero-lateral das cartilagens aritenóideas. Suas margens medias são livres, assim elas se projetam em forma de prateleira para dentro da cavidade laríngea.

Segundo Hirano [1981], as pregas Vocais verdadeiras são compostas por 3 camadas sendo que uma delas se divide em outras 3.

1. Epitelial: É uma cápsula delgada e rígida que mantém a forma da prega vocal.

2. Lâmina Própria: a) camada superficial: (espaço de Reinke), que consiste de componentes fibrosos soltos e de matriz.

b) camada intermediária: consiste de fibras elásticas.

c) camada profunda: consiste de fibras de colágeno.

3. Músculo Vocal: é a massa principal das pregas vocais.

Dessas diversas camadas, destaca-se a mais externa também a mais delicada de todas, a porção vibratória, esta é a mucosa das pregas vocais.

As pregas vocais situadas paralelamente ao solo dentro da laringe, no pescoço, se abrem no momento da inspiração permitindo a passagem livre do ar do meio externo para os pulmões, o caminho inverso acontece na expiração sem fonação, mas durante a fonação, antes da expiração, as pregas vocais se unem na linha média pela ação de forças musculares e então entram em vibração em virtude da pressão sub glótica causada pelo ar da expiração. Este fenômeno gera o pulso glotal que a seguir sofrerá alterações causadas pelo trato vocal, ou seja, cavidades de ressonância anteriormente citadas.

A Interferência do Trato Vocal

Segundo PINHO [1998] o sinal laríngeo é constituído pela frequência fundamental (F_0), que corresponde ao número de vibrações por segundo das pregas vocais em um dado momento, e harmônicos que são gerados pela vibração não linear das pregas vocais e estão diretamente ligados às características do sistema glotal.

Os harmônicos são múltiplos inteiros da frequência fundamental, portanto, se a F_0 for de 200 Hz, os harmônicos que se sucedem serão 400, 600, 800, 1000Hz., e assim por diante.

Dependendo da configuração do trato vocal, grupos diferentes de harmônicos serão selecionados para serem enfatizados. Essas concentrações de energia, resultantes da ênfase, são denominadas formantes .

COLTON e CASPER, [1996]; KENT e READ, [1992] defendem que as propriedades da qualidade vocal dependem diretamente da interação entre a fonte glótica e a forma e configuração do trato vocal.

Segundo BEHLAU e PONTES, [1995] o tipo físico tem sido tradicionalmente considerado como um fator importante para a classificação da voz. Associa - se voz grave a pessoas altas e magras enquanto as vozes agudas se associam às pessoas baixas e com peso acima do ideal.

DIMITRIEV e KISILEV [1979] demonstraram em estudos realizados com cantores de ópera que as dimensões do trato vocal estão diretamente relacionadas às características da qualidade da voz e da formação dos formantes graves e agudos do cantor. Eles concluíram que quanto maior o tamanho do trato vocal, maior o deslocamento da frequência dos formantes em direção aos graves e quanto menor o tamanho do trato vocal, maior é a amplificação das frequências dos formantes agudos.

Existem ainda estudos que associam a qualidade da voz e o trato vocal com o tipo de face, face curta, braquifacial, e face longa, dólico facial. As características estruturais tem importância no que se refere à produção da voz. Do estudo de PINHO [2001] se concluiu que provavelmente os indivíduos de face curta apresentam um deslocamento da frequência dos formantes em direção aos agudos enquanto que nos sujeitos com face longa, provavelmente o deslocamento dos formante se dá em direção aos graves.

Avaliação Vocal Fonoaudiológica

A avaliação vocal realizada pelo Fonoaudiólogo consiste em uma análise chamada perceptivo-auditiva na qual o profissional utiliza como único instrumento o seu treino auditivo para tal, aliado a sua experiência, esta análise é subjetiva mas no entanto é soberana.

Outro método complementar de avaliação, é um método objetivo, que quantifica numericamente parâmetros vocais acústicos, esse método é chamado de análise acústica computadorizada.

Neste trabalho, o instrumento utilizado para a análise acústica foi o programa “*Análise de Voz 5.0*” foi elaborado pelo engenheiro elétricista MONTAGNOLI [1998] sob a orientação de PEREIRA, durante o curso de Pós-Graduação em sua dissertação de Mestrado, no Departamento de Engenharia Elétrica da USP de São Carlos - EESC Escola de Engenharia de São Carlos.

Os parâmetros analisados pelo programa são os descritos a seguir:

Jitter : avalia a perturbação da frequência do sinal.

Shimmer :avalia a perturbação da amplitude do sinal.

SFR: suavidade Espectral do Resíduo a suavidade espectral (SF) é uma medida da variação espectral do sinal, fornece informações sobre o pulso glotal.

SFF: avalia a ressonâncias do trato vocal, ou seja, é uma medida quantitativa da atuação do trato vocal.

PA: mede o índice de vocalização dos sons.

EX: É uma avaliação da razão entre o sinal/ruído.

F0: A F0 avalia o número de ciclos do pulso glotal que ocorrem por segundo.

Metodologia:

Participantes:

Foram pessoas maiores de 18 anos, de ambos os sexos, obesas mórbidas que passaram por tratamento cirúrgico para obesidade. Estes indivíduos realizam tratamento e acompanhamento em uma clínica de gastroenterologia da cidade de Araraquara (SP).

Material e Método:

Procedimentos:

Foram realizadas reuniões periódicas aproximadamente a cada 30 dias.

Na primeira reunião de cada participante foi preenchido um questionário com seus dados pessoais, peso naquele dia, dados de saúde geral, tabagismo, alcoolismo e demanda vocal diária (anexo I). Nessa ocasião, todas as dúvidas levantadas sobre o projeto foram esclarecidas e então foi realizada a primeira gravação cujo padrão se manteve para todas as demais.

A gravação foi realizada com a vogal sustentada /a/ pelo máximo de tempo que o participante conseguisse emití-la. Solicitou-se que a emissão fosse feita em tonalidade e intensidade usuais de fala. As gravações das vozes foram realizadas com os participantes sentados a uma distância de aproximadamente 5 cm de um microfone unidirecional de eletreto. A seguir essas vozes foram armazenadas no banco de dados do programa “Análise de Voz 5.0”, instalado no computador.

Nas reuniões posteriores foi feita a coleta das vozes e a aferição do peso do participante na data.

Cada pessoa participou de no mínimo duas reuniões, sendo que era necessário que ele apresentasse alguma diferença de peso entre uma e outra, fazendo uma gravação em cada reunião, mas alguns participantes fizeram gravações intermediárias.

Foram gravadas vozes de 48 pessoas, para cada uma delas foram feitas em média 4,2 gravações.

No entanto, participaram do estudo apenas 24 indivíduos, os outros 24 foram eliminados da amostra devido aos seguintes fatores:

- Perda de peso insignificante
- Não ter realizado o mínimo de duas gravações
- Não ter passado pela cirurgia Bariátrica

Análise de dados

Os participantes foram divididos em grupos conforme o percentual de peso perdido, da seguinte forma:

Grupo A: Até 20% de perda de peso.

Grupo B: De 21 a 30% de perda de peso.

Grupo C: De 31 a 40% de perda de peso.

Grupo D: Mais de 50% de perda de peso.

OBS: Não existiram participantes com índice de perda de peso compreendido entre 41 e 50 %.

A primeira e a última gravação de cada participante foram analisadas acusticamente por meio do programa “Análise de Voz 5.0”, e os resultados obtidos foram estatisticamente analisados com a aplicação do Teste T pareado a um nível de significância de 0,05% [Heilman 1998].

Também foi realizada a análise perceptivo auditiva das vozes antes e depois da cirurgia Bariátrica, nesta, também foram comparadas a primeira e a última gravação de cada um, e os parâmetros utilizados foram:

- Rouquidão: aumento ou diminuição.
- Soprosidade: aumento ou diminuição.
- Foco de ressonância: igual, mais alto ou mais baixo.

- Estabilidade da emissão: igual, mais estável ou menos estável.
- Pitch: mais grave ou mais agudo.

Resultados:

Após análise dos dados verificou-se que na análise perceptivo-auditiva, não houve mudanças significativamente consideráveis nos parâmetros avaliados comparando a primeira com a segunda gravação, como demonstra as tabelas abaixo:

Tabela 1: Comparação dos resultados dos parâmetros perceptivos-auditivos avaliados na primeira e na segunda gravação de voz

Parâmetro	Aumentou	Diminuiu	Não mudou
Soprosidade	29,16%	4,16%	66,6%
Rouquidão	20,8%	12,5%	66,6%
Estabilidade	20,83%	12,5%	66,6%

Tabela 2: Comparação dos resultados dos parâmetros perceptivos-auditivos avaliados na primeira e na segunda gravação de voz

Parâmetro	Subiu	Desceu	Não mudou
Ressonância	4,16%	37,5%	58,33%

Tabela 3: Comparação dos resultados dos parâmetros perceptivos-auditivos avaliados na primeira e na segunda gravação de voz

Parâmetro	Mais agudo	Mais grave	Não mudou
Pitch	29,16%	37,5%	33,3%

Os resultados referentes à Análise Acústica, após serem estatisticamente avaliados, demonstraram não existir diferença significativa para nenhum dos parâmetros acústicos vocais nos grupos “A”, “B” e “C”. Entretanto o grupo “D” (mais de 50% de perda de peso), formado por apenas um participante, demonstrou diferenças nos valores encontrados, razão pela qual este grupo será aqui destacado.

A tela abaixo compara a análise acústica da voz do grupo “D”, na qual a primeira análise foi realizada antes da cirurgia bariátrica quando o participante tinha 111.5 Kg e a segunda obtida quando o participante apresentava peso corpóreo de 60 Kg, ou seja 53,8 % a menos de seu peso inicial.

Figura 5: Tela de comparação de análise dos parâmetros vocais do Programa “Análise de Voz 5.0”

Na tabela a seguir estão dispostos os valores de ambas as análises para melhor visualização:

Tabela 4: Comparação dos resultados dos parâmetros acústicos avaliados na primeira e na segunda gravação da voz do Grupo “D”

Parâmetros /Peso	Jitter (%)	Shimmer (%)	SFR	SFF	PA	EX	F0 (Hertz)
111.5 Kg	1,23	5,56	10,79	21,06	0,35	88,06	210,04
60 Kg	0,74	3,65	12,31	14,98	0,54	10,45	190

A análise perceptivo auditiva deste grupo mostrou mudanças na qualidade vocal em dois dos cinco parâmetros avaliados. Porém numa análise subjetiva, ao ouvir as duas gravações, tem-se a impressão de que a segunda gravação é de uma pessoa mais jovem que a primeira, ou seja, sugere que as vozes sejam de pessoas diferentes devido à importância da modificação.

Em relação aos parâmetros perceptivos analisados, os resultados podem ser vistos na tabela abaixo:

Tabela 5: Comparação dos resultados dos parâmetros perceptivo auditivos avaliados na primeira e na segunda gravação da voz do Grupo “D”

Parâmetros	Comparação da primeira com a segunda gravação
Soprosidade	Sem alteração
Estabilidade	Sem alteração
Ressonância	Mais equilibrada
Rouquidão	Sem alteração
<i>Pitch</i>	Mais grave

Conclusão:

A partir da análise dos dados tanto acústica quanto perceptivo-auditivamente pode-se concluir que em indivíduos com percentual de perda de peso de até 40% do peso inicial, não se observou mudanças significativas nos parâmetros vocais analisados (possivelmente pelo fato de pequenas alterações no trato vocal não serem suficientes para gerar alterações perceptíveis).

Entretanto, no grupo “D”, perda de peso superior a 50%, as mudanças acústicas e perceptivas foram nitidamente significativas. No entanto, tal constatação não pode ser generalizada em virtude do número insuficiente de participantes com esse percentual de perda de peso.

Dessa maneira, a realização de outros trabalhos que englobem maior número de participantes nesta situação, poderá comprovar ou não a tendência observada neste caso isolado.

Referências Bibliográficas:

- ANDRADE, L. M. O; VIEIRA, J. M.; RAZERA, D. E.; GUERRA, A. C.; PEREIRA, J. C. Medidas de perturbações da voz: um novo enfoque. *Revista Brasileira de Fonoaudiologia*. v. 2, n. 2, p.39-46, 2002.
- ARONSON, A. E. Normal voice development. In: *Clinical voice disorders*. 1990. New York: Thieme. p.39-51.
- BEHLAU, M.; PONTES, P. *Avaliação e Tratamento das Disfonias*. São Paulo: Lovise, 1995.
- BEHLAU, M. S. *Voz: O livro do especialista*. Rio de Janeiro: Revinter, 2001.
- CASANOVA, J. P. *Manual de Fonoaudiologia*. Artes médicas: Porto Alegre, 1997.
- CASPER J.; CONTON R. *Compreendendo os problemas da voz: Uma abordagem Fisiológica para o tratamento dos Distúrbios da voz*. Porto Alegre: Artes Médicas; 1996.
- DIMITRIEV, L. e KISILEV. *Relationship between the formant struture of diferent types of supraglotic cavities*. *Folia Phoniatic*. 32:238-241, 1979.

HIRANO, M. Clinical Examination of voice. New York: Springer-Verlag Wien, 1981 .

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

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

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

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

PINHO, S. M. Tópicos em Voz. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2001.

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

ZEMPLIN, W. R. *Princípio de Anatomia e Fisiologia em Fonoaudiologia*. ArtMed: Porto Alegre, 4ª. Ed. 2000.