

MAYSA TIBÉRIO UBRIG-ZANCANELLA

**Análise da voz de deficientes auditivos
pré e pós uso de implante coclear**

Dissertação apresentada à Faculdade de Medicina
da Universidade de São Paulo para obtenção do
título de Mestre em Ciências

Área de concentração: Otorrinolaringologia

Orientadora: Dra Maria Valéria Schmidt Goffi-Gomez

São Paulo

2010

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Preparada pela Biblioteca da
Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo

©reprodução autorizada pelo autor

Ubrig-Zancanella, Maysa Tibério
Análise da voz de deficientes auditivos pré e pós uso de implante coclear /
Maysa Tibério Ubrig-Zancanella. -- São Paulo, 2010.
Dissertação(mestrado)--Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo.
Departamento de Oftalmologia e Otorrinolaringologia.
Área de concentração: Otorrinolaringologia.
Orientadora: Maria Valéria Schmidt Goffi-Gomez.

Descritores: 1.Voz 2.Avaliação 3.Percepção auditiva 4.Implante coclear

USP/FM/SBD-058/10

Dedicatória

Aos meus pais, **Roseni e Oswaldo**, pelo amor incondicional ao longo dos caminhos da vida. Por todos os ensinamentos, pelo exemplo de vida, pelo incentivo constante e pelo apoio essencial para a conclusão desse trabalho.

Ao meu irmão, **Ricardo**, que de alguma forma sempre esteve presente nesse processo, especialmente com palavras de incentivo e pelo amor sempre oferecido: Você é o cara!

Agradecimento Especial

À minha orientadora **Dra Maria Valéria S. Goffi-Gomez**, que confiou no meu potencial para a realização dessa pesquisa. Pelo exemplo de profissional e pessoa. Por toda a orientação, ensinamentos, incentivo, carinho e disponibilidade ao longo desses anos.

Agradecimentos

Ao **Dr. Robinson Koji Tsuji** pela forma como me recebeu, pelo incentivo constante e disponibilidade ao longo desses anos. Pelas sugestões valiosas na qualificação.

Ao **Prof. Dr. Domingos Hiroshi Tsuji** pelo apoio e disponibilidade do grupo de Laringologia e Voz, na realização dos exames laringológicos dos pacientes. Pelas valiosas sugestões na qualificação.

Ao **Dr. Raimar Weber** pelas sugestões na metodologia, pela disponibilidade com os cálculos estatísticos, pelas explicações e paciência.

Ao **Prof. Dr. Ricardo Ferreira Bento** pela competência na condução do grupo de Implante Coclear e da Otorrinolaringologia do HC-FMUSP.

Ao **Prof. Dr. Luiz Ubirajara Sennes**, pela dedicação aos alunos da pós-graduação.

À **Profa Katia Nemr** pelo carinho, incentivo e pelas valiosas sugestões na qualificação.

À **Dra Zuleica Camargo** pela atenção, disponibilidade e sugestões no início desse estudo e ao longo do processo.

Às minhas grandes amigas e companheiras do grupo de voz: **Maria Gabriela Cunha, Márcia Menezes e Gislaine Cordeiro**. Pelo incentivo, acolhimento e amizade. Pela análise perceptivo-auditiva das vozes.

À **Sabrina Cukier-Blaj** pela amizade, pela ajuda fundamental na análise acústica, por toda a disponibilidade para “socorrer” minhas dúvidas e pelo carinho ao longo desse processo.

Às minhas companheiras de trabalho e amigas do Hospital das Clínicas: **Laura Garcia Vasconcellos, Maria Flávia Bonadia, Elaine Novallo-Goto, Maria Gabriela Cunha, Carina Muller, Renata Akyama, Cristina Furia, Danielle Pedroni e Laura Mangilli**, além de **Mariana Guedes, Maria Elisabete Pedalini e Maria Lucia Cleto**, que não estão mais conosco no cotidiano. Pela amizade e por todo apoio ao longo dessa caminhada, cada uma a sua forma, mas sempre fazendo a diferença.

A todas as fonoaudiólogas do grupo de Implante coclear do HC-FMUSP: **Cristina Ornellas, Valéria Oyanguren, Kellen Kutscher** e em especial, à amiga **Ana Tereza Magalhães**, pela receptividade, dicas, paciência e encaminhamento dos pacientes.

À psicóloga **Rosa Maria dos Santos**, pelo carinho e dicas na finalização dessa etapa e à assistente social, **Leonor Palmeira da Cruz**, pela atenção e encaminhamento dos pacientes para gravação de voz.

A todos **os médicos, fellows e residentes** do grupo de Laringologia e Voz pela realização dos exames laringológicos, em especial ao: **Dr. Gustavo Passeroti e ao Dr. Alexandre Enoki**.

Às informações imprescindíveis e atenção de **Marileide, Luci, Márcia, Jacira e Adilson** da biblioteca, assim como dos **funcionários da biblioteca central** da FMUSP.

Às secretárias do grupo de Implante Coclear: **Nilce, Vanessa, Damaris e Viviane**, pela paciência e encaminhamento dos pacientes para gravação da voz.

A todos os meus colegas de trabalho do ambulatório de Otorrinolaringologia: **médicos, residentes, enfermeiros, fonoaudiólogas, psicólogas, assistente social, aprimorandos e estagiários**, que de alguma forma auxiliaram na realização desse estudo.

A todos da minha família que sempre me apoiaram ao longo desses anos e estiveram na torcida: **Marcos, minha cunhada Carolina, tio(a)s, avó(o)s, padrinhos e primo(a)s**.

Às minhas grandes amigas **Marina Marischen Leal, Patrícia Viveiro Dallovo, Byanka Cagnacci Buzo e Mariana Pucci** que dividiram comigo as etapas desse processo, torcendo por mim, sempre com muito carinho.

E principalmente, **aos pacientes deficientes auditivos** do grupo de Implante Coclear **e seus familiares**, por participarem desse estudo com muita prontidão, interesse e disponibilidade. Sem a colaboração de vocês nada disso seria possível.

Normatização Adotada

Esta dissertação está de acordo com as seguintes normas, em vigor no momento desta publicação:

Referências: adaptado de *International Committee of Medical Journals Editors* (Vancouver).

Universidade de São Paulo. Faculdade de Medicina. Serviço de Biblioteca e Documentação. Guia de apresentação de *dissertações, teses e monografias*. Elaborado por Annelise Carneiro da Cunha, Maria Julia de A. L. Freddi, Maria F. Crestana, Marinalva de Souza Aragão, Suely Campos Cardoso, Valéria Vilhena. 2ª ed. São Paulo: Serviço de Biblioteca de Documentação; 2005.

Abreviaturas dos títulos dos periódicos de acordo com *List of Journals Indexed in Index Medicus*.

Sumário

Lista de abreviaturas, símbolos e siglas

Lista de figuras

Lista de tabelas

Resumo

Summary

Normas para publicação

Comprovante de submissão

Artigo enviado para publicação

1. INTRODUÇÃO	1
1.1. OBJETIVO	5
2. REVISÃO DA LITERATURA	6
3. MÉTODO	13
3.1. CASUÍSTICA	14
3.2. MATERIAL E PROCEDIMENTOS	18
3.3. ANÁLISE VOCAL	21
3.3.1. AVALIAÇÃO PERCEPTIVO-AUDITIVA.....	21
3.3.2. ANÁLISE ACÚSTICA.....	24
3.4. ANÁLISE ESTATÍSTICA	27
4. RESULTADOS	28
5. DISCUSSÃO	52
6. CONCLUSÃO	67
7. ANEXOS	69
8. REFERÊNCIAS	78

LISTA DE ABREVIATURAS, SÍMBOLOS E SIGLAS

CAPPesq	Comissão de Ética para Análise de Projetos de Pesquisa
CAPE-V	Consenso da Avaliação Perceptivo-Auditiva da Voz
cm	Centímetro
DP	Desvio Padrão
FMUSP	Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo
F0	Frequência Fundamental
F1	Primeiro formante
F2	Segundo formante
F3	Terceiro formante
GG	Grau geral da disfonia
Hz	Hertz
IC	Implante Coclear
I	Instabilidade
LF	Laringo-Faríngea
L	<i>Loudness</i>
mm	Milímetro
ms	Milisegundos
±	Mais ou menos
<	Menor que
P	<i>Pitch</i>
R	Rugosidade
S	Soprosidade
T	Tensão
vF0	Variabilidade da frequência fundamental

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 -	Imagem do Praat da vogal /a/ articulada na posição medial de 0,08 ms para cálculo do valor da F0 durante leitura de texto	25
Figura 2 -	Imagem do Praat na vogal sustentada /a/ excluindo-se o primeiro segundo para cálculo da F0 e sua variabilidade	26
Figura 3 -	Imagem do Praat na vogal sustentada /a/ excluindo-se o último segundo para cálculo da F0 e sua variabilidade	26
Figura 4 -	Apresentação dos resultados da avaliação perceptivo-auditiva do grupo estudo nas situações pré e pós uso do IC	30
Figura 5 -	Apresentação dos resultados da avaliação perceptivo-auditiva do sexo masculino do grupo estudo nas situações pré e pós uso do IC	32
Figura 6 -	Apresentação dos resultados da avaliação perceptivo-auditiva do sexo feminino do grupo estudo nas situações pré e pós uso do IC	32
Figura 7 -	Apresentação dos resultados da avaliação perceptivo-auditiva do sexo masculino do grupo controle nas situações pré e pós - diferentes momentos de gravação	34
Figura 8 -	Apresentação dos resultados da avaliação perceptivo-auditiva do sexo feminino do grupo controle nas situações pré e pós - diferentes momentos de gravação	34
Figura 9 -	Diferença (em mm) entre as duas análises dos parâmetros vocais na avaliação perceptivo-auditiva intra-juiz 1, nos 10% das amostras de vozes repetidas	35
Figura 10 -	Diferença (em mm) entre as duas análises dos parâmetros vocais na avaliação perceptivo-auditiva intra-juiz 2, nos 10% das amostras de vozes repetidas	36
Figura 11 -	Diferença (em mm) entre as duas análises dos parâmetros vocais na avaliação perceptivo-auditiva intra-juiz 3, nos 10% das amostras de vozes repetidas	37
Figura 12 -	Diferença (em mm) entre as duas análises dos parâmetros vocais na avaliação perceptivo-auditiva intra-juizes (3 juizes), nos 10% das amostras de vozes repetidas	38

Figura 13 -	Diferença (em mm) entre as duas análises intra-juizes nos 10% das amostras de vozes repetidas, demonstrando cada parâmetro vocal da avaliação perceptivo-auditiva	39
Figura 14 -	Box-plot da variação dos resultados dos parâmetros vocais analisados pelos três juizes, na avaliação perceptivo-auditiva, nas situações pré e pós do grupo estudo e controle	40
Figura 15 -	Resultados da análise acústica da leitura de texto do sexo masculino do grupo estudo, nas situações pré e pós uso do IC	43
Figura 16 -	Resultados da análise acústica da leitura de texto do sexo feminino do grupo estudo, nas situações pré e pós uso do IC	44
Figura 17 -	Resultados da análise acústica da leitura de texto do sexo masculino do grupo controle, nos diferentes momentos de gravações	46
Figura 18 -	Resultados da análise acústica da leitura de texto do sexo feminino do grupo controle, nos diferentes momentos de gravações	47
Figura 19 -	Variação dos resultados de F0 da vogal sustentada /a/ obtidos nas situações pré e pós do grupo estudo e nos diferentes momentos de gravação do grupo controle, no sexo masculino e feminino	48
Figura 20 -	Resultados da variabilidade da F0 vogal sustentada /a/ obtidos nas situações pré e pós do grupo estudo e nos diferentes momentos de gravação do grupo controle, no sexo masculino	49
Figura 21 -	Resultados da variabilidade da F0 vogal sustentada /a/ obtidos nas situações pré e pós do grupo estudo e nos diferentes momentos de gravação do grupo controle, no sexo feminino	50
Figura 22 -	Variação dos resultados da variabilidade na F0 vogal sustentada /a/ obtidos nas situações pré e pós do grupo estudo e nos diferentes momentos de gravação do grupo controle, no sexo masculino e feminino	51

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Média e percentil 25-75 do escore (em mm) dos três juízes de cada parâmetro vocal da avaliação perceptivo-auditiva do grupo estudo e controle	29
Tabela 2 - Média e percentil 25-75 do escore (em mm) dos três juízes de cada parâmetro vocal da avaliação perceptivo-auditiva do grupo estudo para os gêneros masculino e feminino	31
Tabela 3 - Média e percentil 25-75 do escore (em mm) dos três juízes de cada parâmetro vocal da avaliação perceptivo-auditiva do grupo controle para os gêneros masculino e feminino	33
Tabela 4 - Média e desvio padrão da diferença (em mm) entre as duas análises dos parâmetros vocais da avaliação perceptivo-auditiva, dos 3 juízes nos 10% das amostras de vozes repetidas	38
Tabela 5 - Distribuição dos focos ressonanciais analisados pelos três juízes no grupo estudo em ambos os sexos, antes e após o IC	41
Tabela 6 - Distribuição dos focos ressonanciais analisados pelos três juízes no grupo controle em ambos os sexos, nos diferentes momentos de gravações	41
Tabela 7 - Média em Hertz (Hz) e desvio padrão (DP) dos parâmetros da análise acústica do gênero masculino e feminino do grupo estudo	42
Tabela 8 - Média em Hertz (Hz) e desvio padrão (DP) dos parâmetros da análise acústica do gênero masculino e feminino do grupo controle	45

Resumo

Ubrig-Zancanella MT. *Análise da voz de deficientes auditivos pré e pós uso de implante coclear* [dissertação]. São Paulo: Faculdade de Medicina, Universidade de São Paulo; 2010. 88p.

OBJETIVO: Verificar se ocorrem modificações nos parâmetros vocais (perceptivos e acústicos) em adultos com deficiência auditiva pós-lingual, após o uso de implante coclear (IC), sem reabilitação vocal específica. **MÉTODO:** Participaram 40 indivíduos com deficiência auditiva pós-lingual, seqüencialmente implantados no período de abril de 2006 a abril de 2009, composto por 20 adultos do gênero masculino e 20 do feminino (grupo estudo). Os pacientes apresentavam idades de 23 a 60 anos, perda auditiva sensorioneural de severa a profunda bilateral, uso de linguagem oral para comunicação, alfabetizados, exame laringológico normal e limiares auditivos com IC, em campo livre melhores que 40 dBHL, para todas as freqüências de fala. Foi realizada gravação da voz antes e após 6 a 9 meses de uso do IC. No intuito de evitar que mudanças nas características vocais fossem atribuídas a gravações das vozes em dias e momentos diferentes, optou-se pela formação de um grupo controle. O grupo controle foi formado por 12 indivíduos adultos deficientes auditivos pós-linguais, sendo 6 do gênero masculino e 6 do gênero feminino, que não receberam o IC. Para as sessões de gravações da voz utilizamos leitura das frases do protocolo CAPE-V, leitura de texto e emissão da vogal sustentada /a/. Foi realizada avaliação perceptivo-auditiva das vozes por 3 juízes e análise acústica por meio do programa PRAAT. **RESULTADOS:** Observou-se no grupo estudo redução estatisticamente significativa no grau geral da voz, tensão, loudness, instabilidade vocal, valores de frequência fundamental (F0) do sexo

masculino e de sua variabilidade em ambos os sexos, ao compararmos as vozes pré e pós IC. O grupo controle não apresentou modificações estatisticamente significantes na maioria dos parâmetros vocais estudados, com exceção do pitch e F0 no sexo feminino. Ao compararmos a variação de resultados do grupo estudo e controle não foi possível comprovar estatisticamente que os indivíduos com IC se diferenciaram dos indivíduos sem o uso do dispositivo, com exceção dos valores de variabilidade da F0 no sexo masculino. CONCLUSÃO: Os implantados apresentaram discretas modificações no grau geral da voz, tensão, loudness e instabilidade, assim como reduções nos valores de F0 e sua variabilidade.

Descritores: 1.voz 2.avaliação 3.percepção auditiva 4.implante coclear.

Summary

Ubrig-Zancanella MT. *Voice analysis of deaf before and after cochlear implantation* [[dissertation]. São Paulo: “Faculdade de Medicina, Universidade de São Paulo”; 2010. 88p.

OBJECTIVE: To ascertain whether cochlear implantation (CI), without specific vocal rehabilitation, is associated with changes in perceptual and acoustic vocal parameters in adults with severe to profound postlingual deafness. **METHODS:** The study group comprised 40 postlingually deaf adults (twenty males and twenty females), between 23 and 60 years of age, with severe-to-profound and/or profound bilateral sensorineural hearing loss, who: made use of oral communication; had a literacy level adequate for collection of speech samples; a normal laryngeal examination; and post-CI auditory thresholds of 40 dBHL or better for all speech frequencies on sound field audiometry. Patients with laryngeal or lip/palate abnormalities, a history of laryngeal surgery or prior tracheotomy were excluded. Participants' voices were recorded prior to CI and 6 and 9 months post-CI. In order to check for chance modifications between two evaluations, a control group of 12 postlingually deaf adults, 6 male and 6 female, without CI was also evaluated. All sessions comprised the recording of read sentences from CAPE-V, text and sustained vowel /a/. Perceptual evaluation of voice and acoustic analysis were then conducted. **RESULTS:** We found a statistically significant reduction in overall severity, strain, loudness, instability, vocal fundamental frequency (F0) values (in male participants) and F0 variability (in both genders). The control group showed no statistically significant changes in most vocal parameters assessed, apart from pitch and F0 (in female participants only). Upon comparing the variation of results between the study

and control groups, we found no statistically significant difference in vocal parameters between CI recipients and non-recipients, with the exception of F0 variability in male participants. CONCLUSIONS: Implant recipients showed modest changes in overall severity, strain, loudness and instability, as well as reductions in F0 and F0 variability.

Descriptors: 1.voice 2.evaluation 3.auditory perception 4.cochlear implant



JOURNAL OF

VOICE

 Register or Login: Password: Auto-Login [Reminder]

 Search for
[Advanced Search](#) - [MEDLINE](#) - [My Recent Searches](#) - [My Saved Searches](#) - [Search Tips](#)

JOURNAL HOME
CURRENT ISSUE
BROWSE ALL ISSUES
ARTICLES IN PRESS
SEARCH THIS JOURNAL
JOURNAL INFORMATION <ul style="list-style-type: none"> • Aims and Scope • Editorial Board ▶ Author Information • Contact Information • Society Information • Pricing Information
SUBSCRIBE TO JOURNAL
ONLINE SUBMISSION
CALENDAR LISTINGS
RSS

Electronic manuscript submission is mandatory at <http://ees.elsevier.com/jvoice>

Editorial Office

Electronic Submissions: <http://ees.elsevier.com/jvoice>
 Email: journal@voicefoundation.org (general correspondence)
 Please address all non-Internet correspondence to:

Robert T. Sataloff, M.D., D.M.A., F.A.C.S.

Editor-in-Chief, *Journal of Voice*
 1721 Pine Street
 Philadelphia, PA 19103
 Telephone: 215-735-7999
 Fax: 215-735-9293

Scope

The *Journal of Voice* includes clinical and research articles that are of interest to all professionals of all backgrounds. Papers are solicited on all aspects of voice, including basic voice science, acoustics, anatomy, synthesis, medical and surgical treatment of voice problems, voice therapy, voice pedagogy, and studies in other areas that increase the knowledge of normal (including performance) and abnormal vocal function in adults and children. Review articles will also be considered.

Manuscript Submission

All manuscripts must be submitted via the Elsevier Editorial System (EES) at <http://ees.elsevier.com/jvoice>. You will be instructed to enter the manuscript title, type, authors, abstract, and keywords and to upload your cover letter, manuscript text (including references, figure legends, etc.), and figures (see below for further information on figures). It is advisable to save the complete manuscript as a word-processing document (MS Word is preferred) and then upload it into EES.

All materials submitted for publication, including solicited articles and supplements, are subject to editorial review and revision. Only previously unpublished material will be considered for publication. Material submitted to the *Journal* must not be under consideration for publication elsewhere. All accepted manuscripts become the property of the *Journal* and may not be reproduced without the written permission of the Editor and the Publisher.

Copyright

In compliance with current U.S. Copyright law, transfer of copyright from author to publisher or its designee must be explicitly stated in writing to enable the publisher to assure maximum dissemination of the author's work. A copy of the agreement, executed and signed by the author(s), is required with each manuscript submission. The [form](#) to be used is available from the Editor and Publisher. No manuscript can be published without a signed copyright transfer.

Form of Manuscript

Manuscripts should be submitted in English. The paper should be divided into sections with appropriate section headings. Pages must be numbered sequentially with the first page of the manuscript being page 1 (title page and abstract page are not numbered). Authors are cautioned to type, where possible, all mathematical and chemical symbols, equations, and formulas and to identify all unusual symbols the first time they are used. Author(s) will use the *American Medical Association Manual of Style*, 9th ed., as a reference guide for writing purposes.

Cover Letter

Please include a cover letter indicating the name, mailing address, email address, telephone number, and fax number of the person to whom correspondence, proofs, and reprint requests are to be sent.

Title Page

The title page should contain the title, list of authors with affiliations, and complete mailing address, email address, telephone number, and fax number of the author to whom correspondence, proofs, and reprint requests are to be sent. If the research was presented at a meeting, the name of the meeting, location, and date should be given.

Abstract

The abstract must be included twice--once alone, where indicated by EES, and once as a part of the whole manuscript. It should be factual, comprehensive, and presented in a structured abstract format. Limit the abstract to 250 words. Do not cite references in the abstract. Limit the use of abbreviations and acronyms. Use the following subheads: Objectives/Hypothesis, Study Design (randomized, prospective, etc.), Methods, Results, and Conclusions. Abbreviations and general

More periodicals:

FIND A PERIODICAL
FIND A PORTAL
GO TO PRODUCT CATALOG

statements (e.g., "the significance of the results is discussed") should be avoided.

Body of Paper

The beginning of the manuscript should be an introduction to the topic discussed including references to related literature, followed by a statement of the purpose and, where applicable, specific questions to be answered by the research. Typically, this section is followed by labeled sections with a sequence similar to Methods, Results, Discussion, and Conclusions.

References

References should follow the "Uniform Requirements for Manuscripts Submitted to Biomedical Journals" (<http://www.icmje.org/>). References are to be supplied in order of citation in the text, numbered consecutively, and typed double-spaced. Sample references are given below of a journal article and a book.

1. Sataloff RT. Professional singers: the science and art of clinical care. *Am J Otolaryngology*. 1981;2: 251-266.
2. Sataloff RT, Myers DL. Cancer of the Ear and Temporal Bone. In: Gates, Ed. **Current therapy on Otolaryngology- Head & neck surgery**. 3rd ed. Toronto and Philadelphia: B.C. Decker; 1987:157-160.

Volume and issue numbers, specific beginning and ending pages, and name of translator should be included where appropriate.

Journal title abbreviations should follow the practices of *Index Medicus*. Provide all author names when there are seven or fewer co-authors. If there are more than seven co-authors, list only the first three and use et al. Authors are responsible for the bibliographic accuracy of all references. "Personal communications" and "unpublished observations" should be indicated within the text but excluded from the reference list (such communications and observations should be used only with the permission of those cited).

Symbols and Abbreviations

Use of symbols and abbreviations should conform to those provided by professional standards publications such as the American National Standard Letter Symbols and Abbreviations for Quantities Used in Acoustics Y10.11-1984, and the American National Standard Acoustical Terminology S1.1-1994. These two publications are available from the American National Standards Institute, 11 West 42nd Street, New York, NY 10018, 212-642-4900.

Accuracy of Data

For all studies dealing with instrumental quantities, a statement of the "error of measurement" should be included. For studies dealing with judgments, a statement concerning the procedure for determining the "reliability" of the judgments is expected.

Glossary

Authors are encouraged to define or explain jargon, and technical or novel language (or expressions) for terms not commonly known across the audiology professions. These terms and explanations can be placed in a glossary table. If few, the terms can be explained in the text.

Tables

All tables must be cited sequentially in the text, numbered, and supplied with suitable explanatory legends and headings. Tables should not be supplied typed within the body of the manuscript. They must be separately uploaded into EES. Tables should be self-explanatory and should supplement, rather than duplicate, the material in the text.

Figures and Illustrations

All figures and illustrations must be cited sequentially in the text, numbered, and supplied with legends. Figures, illustrations, and legends should not be supplied within the body of the manuscript. Each individual figure must be separately uploaded into EES. Legends to figures should be brief, specific, and explanatory. They should not unduly repeat information already given in the text. Magnification and stain should be provided where appropriate. All photographs and illustrations documenting any postoperative change must be labeled with the postoperative interval.

Figures should be submitted in electronic format, preferably in EPS or TIF format. Figures should be created using graphics software such as Photoshop or Illustrator. DO NOT USE PowerPoint, Corel Draw, or Harvard Graphics. COLOR figures submitted with the manuscript will appear in black and white in print unless the author agrees to pay fees associated with color reproduction. They will appear on the website in color at no extra charge. When color images appear in print in black and white, the black and white contrast will diminish, so choose distinct color contrasts and/or patterns for best conversion to black and white images.

If a color image is accepted for print, it must meet the following specifications: CMYK at least 300 dots per inch (DPI). Gray scale images should be at least 300 DPI. Combinations of gray scale and line art should be at least 600 DPI. Line art (black and white or color) should be at least 1200 DPI. The author may be responsible in part for costs associated with reproducing illustrations in color and special artwork. Information on the extra charges can be obtained by calling Elsevier at 1-800-325-4177.

For manuscripts that contain PHOTOGRAPHS OF A PERSON, submit a written release from the

person or guardian, or submit a photograph that will not reveal the person's identity (eye covers may not be adequate to protect patient identity).

If a figure has been taken from previously copyrighted material, the legend must give full credit to the original source, and letters of permission must be submitted with the manuscript. Articles appear in both the print and online versions of the *Journal*, and wording of the letter should specify permission in both forms of media. Failure to get electronic permission rights may result in the images not appearing in the online version.

Proofs and Reprints

All manuscripts are subject to copyediting. The corresponding author will receive page proofs to check the accuracy of typesetting. Authors may be charged for any alterations to the proofs beyond those needed to correct typesetting errors. Proofs must be checked carefully and returned within 48 hours of receipt. The author is responsible for all statements in the article.

A reprint order form will be sent to the corresponding author when the article is sent to the publisher for publication. Reprints are normally shipped four to six weeks after publication of the issue in which the article appears.

Proofs, reprints orders, and all inquiries concerning items in production should be sent to Issue Management, Elsevier, 1600 JFK Blvd., Suite 1800, Philadelphia, PA 19103-2899; Tel: 800-523-4068.

Peer Review

Manuscripts received by the *Journal* are read by two or three reviewers who are knowledgeable in the topic in question. The role of the reviewer(s) is to read the manuscript critically, comment on possible or needed changes, and assist the Editor in making a decision concerning the acceptance or rejection of the manuscript for publication. Final page proofs sent to the author(s) can be changed only minimally.

Research Subjects

Research studies reported in manuscripts submitted to the *Journal of Voice* must abide by the ethical principles for the protection of human and animal subjects. The *Journal* endorses those principles found in the Belmont Report: Ethical Principles and Guidelines for the Protection of Human Subjects (1979, Office of the Protection from Research Risks Report, Bethesda, MD: U.S. Dept. of Health and Human Services); the Guide for the Care and Use of Laboratory Animals (DHEW Publication No. (NIH) 80-23, Revised 1978, Reprinted 1980, Office of Science and Health Reports, DDR/NIH, Bethesda, MD 20205); and the World Medical Association Declaration of Helsinki guidelines (JAMA. 1997;277:925-926). To be considered for publication, studies involving human research subjects ordinarily require a statement indicating Institutional Review Board approval and/or compliance with the Guidelines specified.

Maysa Tibério Ubrig <maysaubrig@gmail.com>

Submission Confirmation for

1 mensagem

Journal of Voice <journal@voicefoundation.org>
Para: maysaubrig@gmail.com, maubrig@hotmail.com

6 de janeiro de 2010 23:35

Dear Maysa,

Your submission entitled "VOICE ANALYSIS OF POSTLINGUALLY DEAF ADULTS BEFORE AND AFTER COCHLEAR IMPLANTATION" has been received by the Journal of Voice

You may check on the progress of your paper by logging on to the Elsevier Editorial System of the journal as an author. The URL is <http://ees.elsevier.com/jov>.

Your username is: Maysa Ubrig
Your password is: ubrig-zanc2543

Your manuscript will be given a reference number once an Editor has been assigned.

Thank you for submitting your work to this journal.

Kind regards,

Elsevier Editorial System

**VOICE ANALYSIS OF POSTLINGUALLY DEAF ADULTS BEFORE AND
AFTER COCHLEAR IMPLANTATION**

Maysa Tibério Ubrig-Zancanella

Maria Valéria S. Goffi-Gomez, PhD

Raimar Weber, MD

Robinson Koji Tsuji, MD PhD

Márcia H. Moreira Menezes

Domingos Hiroshi Tsuji, MD PhD

Corresponding author:

Maysa Tibério Ubrig-Zancanella

Av. Dr. Eneas de Carvalho Aguiar, 255

postcode: 04559-001

e-mail: maysaubrig@gmail.com

phone: +55 11 30696539

Abstract

Objectives: To ascertain whether cochlear implantation (CI), without specific vocal rehabilitation, is associated with changes in perceptual and acoustic vocal parameters in adults with severe to profound postlingual deafness. **Hypothesis:** Merely restoring auditory feedback could allow the individual to make necessary adjustments in vocal pattern. **Study Design:** prospective and longitudinal. **Methods:** The study group comprised 40 postlingually deaf adults (twenty males and twenty females) with no previous laryngeal or vocal disorders. Participants' voices were recorded prior to CI and 6 and 9 months post-CI. In order to check for chance modifications between two evaluations, a control group of 12 postlingually deaf adults, 6 male and 6 female, without CI was also evaluated. All sessions comprised the recording of read sentences from CAPE-V, text and sustained vowel /a/. Perceptual evaluation of voice and acoustic analysis were then conducted. **Results:** We found a statistically significant reduction in overall severity, strain, loudness, instability, vocal fundamental frequency (F0) values (in male participants) and F0 variability (in both genders). The control group showed no statistically significant changes in most vocal parameters assessed, apart from pitch and F0 (in female participants only). Upon comparing the variation of results between the study and control groups, we found no statistically significant difference in vocal parameters between CI recipients and non-recipients, with the exception of F0 variability in male participants. **Conclusions:** Implant recipients showed modest changes in overall severity, strain, loudness and instability, as well as reductions in F0 and F0 variability.

Introduction

The auditory feedback mechanism provides monitoring and calibration of the articulation and acoustic production of speech segments (1). It is also responsible for immediate and delayed control of speech and voice production (2).

Changes in hearing may interfere with adequate use of the structures involved in speech and voice production due to a lack of auditory feedback. The vocal changes found in hearing impairment are related to respiration, phonation and articulation (3).

Restricted auditory feedback produces negative impacts on the production of segmental aspects of speech and on the vocal parameters of deaf individuals, such as deviations in fundamental frequency (F0), changes in formant frequencies, variations in vocal intensity, and changes in resonance, length and duration of speech (4, 5, 6, 7).

It has been reported that the speech and of prelingually deaf individuals show changes that are more marked than those found in the postlingually deafened (3,8). Prelingually deaf people had no auditory experience to favor the development of adequate speech production, whereas the postlingually deaf were exposed to some hearing experience and underwent maturation of neuromuscular phonation control, which includes control of the muscles involved in voicing (9). When these patients acquire a hearing impairment at some point in life, however, they develop vocal changes due to the lack of monitoring provided by auditory feedback (8,10,11).

Auditory feedback may be provided by the use of auditory prosthetics devices (hearing aids). However, children or adults with severe or profound hearing loss will often not benefit from hearing aids. After several aspects have been assessed, these patients may be candidates for cochlear implantation (CI). The cochlear implant is a computerized electronic device that provides direct stimulation of the auditory nerve by means of small electrodes placed within the cochlea; the nerve then transmits these signals to the brain (12).

The possible effects of CI-mediated restoration of auditory feedback on the voice and speech parameters of deaf patients have been studied by several authors (13,14,15,16,17).

Some studies have addressed the issue of voice in postlingually deaf people before and after cochlear implantation, but results have been conflicting in terms of F0 control and reduction, pitch, vocal intensity, and other vocal aspects. These studies used small samples, which probably favored the different results obtained (1,11,13,14,18,19,20).

Studies have found significant reductions in F0 values in 10 adult males 6 months post-CI (1), in 3 adults after 3 months of cochlear implant use, and in 38% of 13 adults after 3 months as well (14,18). Significant F0 changes were also found in postlingually deaf adults after 5 weeks to 24 months of cochlear implant use (13,19,20). Another study reported no statistically significant findings on F0 values and their variability after cochlear implantation in 11 adults (11). These studies of postlingually deaf adults have mostly addressed aspects of acoustic analysis, placing no emphasis on perceptual evaluation in their results.

We therefore sought to gain an improved understanding of the influence of auditory feedback restoration by comparing the vocal characteristics of postlingually deaf adults before and after CI, in order to verify whether improved auditory perception alone is enough to enable individuals to make the adjustments in vocal pattern necessary for control of their own voices.

The general objective of this study was to ascertain whether the vocal parameters (both perceptual and acoustic) of postlingually deaf adults showed any change after six to nine months of cochlear implant use, without specific vocal rehabilitation.

Our specific research objective was to ascertain whether the aforementioned parameters varied from those found in a control group composed of postlingually deaf adults without cochlear implants.

Methods

The present study is prospective and longitudinal in nature. We used a consecutive sample and randomized voices prior to analysis.

Study participants were postlingually deaf individuals who underwent consecutive cochlear implantation between October 2006 to October 2009, under the care of the Cochlear Implantation Group of the Otorhinolaryngology Division

of the *Hospital das Clínicas* at the University of São Paulo School of Medicine (HC-FMUSP).

The study sample included postlingually deaf adults between 23 and 60 years of age, with severe-to-profound and/or profound bilateral sensorineural hearing loss, who: made use of oral communication; had a literacy level adequate for collection of speech samples; a normal laryngeal examination; and post-CI auditory thresholds of 40 dBHL or better for all speech frequencies on sound field audiometry. Patients with laryngeal or lip/palate abnormalities, a history of laryngeal surgery or prior tracheotomy were excluded.

The study group was composed of 20 male participants and 20 female participants, for a total of 40 individuals. The mean age of male participants was 44.50 years (range, 27–60 years), and that of female participants, 43.10 (range, 23–60 years). Mean length of hearing impairment was 12.40 years (range, 3–28 years) among male participants and 13.55 years among female participants (range, 2–36 years).

In order to avoid changes in vocal characteristics being attributed to voice recording in different days and at different moments, we chose to recruit a control sample with the same characteristics as the study group. The control group was composed of 12 adult participants (6 male and 6 female) who had gone through the Cochlear Implantation Group assessment process. Male participants in the control group had a mean age of 35.16 (range, 21–52 years), and female participants, a mean age of 46 (range, 31–56 years). Mean length of hearing impairment was 15.83 years in men (range, 4–28 years) and 15 years in women (range, 2–25 years).

All patients in the study and control groups underwent voice recording sessions in the Voice Laboratory of the Otorhinolaryngology Clinic of the HC-FMUSP. Voice recording was carried out in a silent environment, in a sound-treated room, directly into a computer. Participants remained seated during recording. We used a Sennheiser PC 20 headset-type unidirectional microphone, positioned 4 cm from the speaker's labial commissure, at a 45° angle. Stimuli captured by the microphone were digitized by the Sound Forge 6.0 software package, as *.wav* files, at a 22.050 Hz sample rate and 16-bit resolution. Speech samples were edited and analyzed with the Praat acoustic analysis software.

For the study group, the second recording session was conducted 6 to 9 months (mean, 7.5 months; SD, ± 1.2) post-CI. Each participant's voice was

therefore compared by means of the same phonation tasks, recorded at two different points in time: pre- and post-CI. In the control group, each participant had four recording sessions, in different days and different times, according to appointment dates for the CI assessment process.

The speech samples used for voice recording at different points in time were:

1. Sustained vowel /a/: two samples of emission were requested. Participants were instructed to attempt to enunciate in their habitual tone of speech.
2. Reading six sentences from the CAPE-V protocol (21) as adapted to the Portuguese language (22), namely: “*Érica tomou suco de pêra e amora*”, “*Sonia sabe sambar sozinha*”, “*Olha lá o avião azul*”, “*Agora é hora de acabar*”, “*Minha mãe namorou um anjo*”, “*Papai trouxe pipoca quente*”.
3. Reading the text “*Li uma alegoria de um jovem nobre...*” (23) for acoustic analysis purposes.

Participants did not receive any specific vocal therapy after CI. Patients were seen by the team only for implant programming and adjustment appointments.

The voice recordings were submitted to the judgment of three voice experts (raters) for auditory-perceptual assessment using the CAPE-V assessment protocol. Prior to vocal analysis, raters were trained for greater familiarity with the protocol and its use.

The CAPE-V assesses six predetermined parameters and provides for the inclusion of two more. To record observed deviation, raters use a 10-cm-long linear analog scale (from 0 to 100 mm) on which the specific assessment of each parameter is to be recorded.

For voice analysis, the phonation tasks recorded both by study and by control group participants were randomized onto a single CD. We chose to separate male and female voices in the CD in order to facilitate vocal analysis. During editing of the CD, 10% of speech samples were randomly repeated (some patients' recordings were presented twice, with different track numbers) in order to verify intra-rater reliability.

The following vocal parameters were classified by means of the CAPE-V protocol: Overall Severity, Roughness, Breathiness, Strain, Pitch, Loudness, and up to two other vocal quality characteristics encountered.

Acoustic analysis was carried out with the Praat software package (version 5.0.47), which was used to extract the fundamental frequency (F0) during text reading (23). Praat was also used to analyze mean F0 and its variability (vF0) during the sustained vowel /a/ tests; the first and last seconds of the recording were excluded, and the middle section of vocal emissions was analyzed. In order to extract F0 during text reading, we used three samples of the “a” vowel in the stressed syllable of the Portuguese words “*venerada*”, “*verdades*” and “*verdade*”, present at the beginning, middle and end of the text. We were careful to select a text that was devoid of melodic variations and did not favor changes in the speaker’s prosodic features.

We then conducted a statistical analysis of the results. Collected data were stored and analyzed with the *Statistical Package for Social Sciences* software package (SPSS 16.2 for Mac). The distributions of auditory-perceptual data and acoustic measurements were tested for normality by means of the Kolmogorov–Smirnov test; in cases that did not have a normal distribution, nonparametric tests were used. A before-and-after comparison of the results obtained for acoustic parameters (within each group) was conducted by means of Student’s *t*-test for paired samples, whereas for auditory-perceptual parameters (also a before-and-after analysis), we used the Wilcoxon signed-rank test. Variation between pre-CI and post-CI moments was calculated for each vocal parameter analyzed. Before-and-after variations were compared between the study (implant) and control group by means of the Mann–Whitney *U* test. Results with a *p*-value of less than 0.05 were considered statistically significant. For assessment of intra-rater agreement when evaluating **the same** test of auditory-perceptual parameters at different points in time, we used the method proposed by Bland and Altman (24, 25).

Results

The results of auditory-perceptual assessment of the study and control groups, using CAPE-V vocal parameters, are shown in Table 1.

Table 1 – Mean and 25th–75th percentile of the three raters' scores (in mm) for vocal parameters, auditory-perceptual assessment of study and control groups.

We also chose to present the results of auditory-perceptual assessment of the study and control groups separated by gender, as they will be presented thus in the results of acoustic analysis, considering gender particularities in terms of F0 values due to size of the larynx, vocal folds and vocal tract region. Results of the vocal parameters, as assessed by the CAPE-V protocol and separated by participant gender, for the study and control groups, are shown in Tables 2 and 3.

Table 2 – Mean and 25th–75th percentile of the three raters' scores (in mm) for vocal parameters, auditory-perceptual assessment of study group participants (divided by gender).

Table 3 – Mean and 25th–75th percentile of the three raters' scores (in mm) for vocal parameters, auditory-perceptual assessment of control group participants (divided by gender).

Figure 1 shows a comparison of the variation in results obtained from before-and-after auditory-perceptual analysis of the study and control groups.

Figure 1 – Box plot of variation in vocal parameter results assessed by the 3 raters in before-and-after recordings of the study and control groups.

Before-and-after voice recordings of participants in the study and control groups also underwent acoustic analysis. F0 values were extracted from text

reading and sustained vowel /a/, and vF0, from the latter. These results are shown in Tables 4 and 5.

Table 4 – Mean and standard deviation (SD), in Hertz (Hz), of acoustic analysis parameters for the male and female subgroups of the study group.

Table 5 – Mean and standard deviation (SD), in Hertz (Hz), of acoustic analysis parameters for the male and female subgroups of the control group.

Figure 2 shows a comparison of the before-and-after variation in results obtained for F0 variability during sustained vowel /a/ emission, in the study and control groups. Variation results from both groups were separated by gender (male and female).

Figure 2 – Results of vF0 variation, sustained vowel /a/, obtained pre-and post-CI in the study group and in controls, in male participants.

Figure 3 – Results of vF0 variation, sustained vowel /a/, obtained pre-and post-CI in the study group and in controls, in female participants.

Discussion

Cochlear implantation provides auditory sensation for individuals with severe to profound hearing loss, promoting auditory feedback and contributing to speech velocity, intensity and vocal quality (26). Vocal quality is the set of characteristics that identify a voice and can be measured on scales, such as the 100-point linear scales that are considered less biased. We thus obtained objective and quantitative results on vocal changes, which makes the auditory-perceptual assessment less subjective in its measurements (21,22).

In the before-and-after auditory-perceptual assessment of the study group (table 1), we found modest reductions in the extent of changes, with statistically

significant values, for the following voice parameters: overall severity, strain, loudness and instability. A study has reported that profoundly hearing-impaired individuals exert greater muscular strain than normal and/or show increases in vocal strain to produce and sustain phonation (27). Previous studies have also found improved voice intensity control right after activation of the cochlear implant (1,19).

On auditory-perceptual assessment of the control group (table 1), during which we compared the results of recordings made at different points in time, the only statistically significant difference was in pitch. This variation in pitch may be attributed to the difficulty faced by deaf individuals in controlling vocal pattern in the absence of auditory feedback, with variations in voice over the samples recorded.

We found that the male participants of the study group (table 2) showed no statistically significant difference in the degree of change in any of the assessed parameters, but only a statistical trend towards reduced instability—unlike the female group, which showed changes in strain, loudness and instability, as well as a statistical trend towards reduced strain. Upon analyzing the same vocal parameters in the control group (table 3), with participants separated into male and female subgroups, we found no statistically significant differences.

The sample characterization data show similarity in mean age and length of hearing impairment among the total number of individuals in the study and control groups. Mean age and length of hearing impairment were also quite similar between male and female participants, showing homogeneity among patients in the study group. Our results were therefore not influenced by any differences in these aspects.

Intra-rater agreement results (10% voice repetition in the study group) showed that raters were consistent in their analyses, but with a standard deviation of 4.11 mm in scoring. Although 4.11 mm is a rather small deviation when one takes into account that the visual analog scale is 100 mm long, we must consider the possibility that the values reported for before-and-after-CI changes in vocal parameters among the study group—around 2 to 4 mm—could be inherent to examiner (rater) precision during voice analysis, apart from instability scores (around 6 mm). However, we must also consider that the 10% of repetition accounts for only 4 participants in the study group (2 male and 2 female) and that

auditory-perceptual assessment of the control group was carried out by the same raters, with the same variation in precision of examiners.

In comparing before-and-after result variation in the study with before-and-after variation in the control group (figure 1), we found no statistically significant differences in parameters other than loudness. These results demonstrate that cochlear implant recipients showed differences in voice intensity control as compared to participants in the control group. We also noted that the variation of overall severity results between both groups showed a trend towards change (with results approaching statistical significance).

Considering the subjectivity of auditory-perceptual assessment, we also conducted acoustic analysis, assessing voice in an objective manner. The literature is controversial with respect to F0 values in postlingually deaf individuals (28). F0 may be increased from normal baseline due to years of hearing impairment; however, F0 values may also be close to normal limits for the individual's gender and age (13). The degree of speech and voice deterioration may vary substantially among individuals in the absence of auditory control (26). The larynx may undergo functional changes, particularly in the absence of a rehabilitation process (3).

Indeed, in the present study, we found elevated F0 values only in male participants (table 4). After CI, reductions in F0 values were found in both genders in the study group, although reductions were statistically significant only in the male subgroup. During analysis of acoustic parameters, mean F0 values may be elevated due to increased strain in the vocal folds and the vocal tract, which leads to excessive glottal closure (29). As for F0 results in the control group (table 5), extracted from recordings made at different days and times, we found that male participants had very similar results, unlike female participants, who had statistically significant reductions in F0 values. This finding may be justified by hormonal variations in the female voice: over the course of one month, women's voices may change due to the menstrual cycle (30).

Our results showed that mean F0 was elevated (139.1 Hz) in male study group participants as compared to the average found in non-deaf male Brazilians (31), and that even with post-CI reductions in fundamental frequency (130.9 Hz), implant recipients still had elevated F0 as compared to the average found in individuals of the same gender and age bracket. Female participants had no hearing impairment-associated F0 elevation (mean, 183.1 Hz) as compared to non-deaf

Brazilian women (31,32); F0 was reduced further after cochlear implantation (176.4 Hz). These values are within the normal range for non-deaf Brazilian females (33). Similar F0 reductions in postlingually deaf adults were also reported in other studies (1,13,14,18,19,20).

Regarding F0 and its variability in sustained vowel emission, we found a reduction in F0 values in male and female participants alike and statistically significant reductions in variability in both genders in the study group (table 4), a result not found in the control group for this same aspect (table 5). This change in vF0 values shows that, supported by the auditory feedback provided by CI, deaf individuals have better control of their own voices, with lesser variations in frequency throughout sustained vowel emission. One prior study described great variability in the voice of deaf and hard of hearing individuals due to difficulty in controlling the fundamental frequency (7), but another study found no reduction in vF0 after CI (11).

We also noted that, in the study group (table 4), sustained vowel F0 values were superior to those obtained during text reading, both before and after CI. The same occurred in the control group (table 5), at different recording moments. This may be justified by the fact that deaf individuals have difficulty emitting a sustained vowel in their habitual tone and intensity of voice due to the lack of auditory self-perception; this increases the value of F0. This is very interesting data in terms of considering the importance of extracting F0 values from speech samples whenever possible (in individuals with developed speech and language), instead of sustained vowel emission, so that values will be as close as possible to the real voice frequency. When using speech samples, the variations inherent to the speaking materials used must be taken into account, as must the prosodic characteristics of the text employed.

Upon comparison of F0 variability results between the study and control groups, we found statistically significant results in male participants (figure 2), which shows that CI indeed favored a change in vF0 values; changes did not occur in the control group, which comprised non-implanted patients. Comparison of the study and control groups considering female participants alone did not show similar results (figure 3).

According to our results, voice changes were detected in some of the perceptive and acoustic parameters studied: overall severity, strain, loudness,

instability, reduction in F0 values and F0 variability. However, in the vast majority of results, we were unable to demonstrate these changes when comparing the study group to controls; the sole exception was vF0 in male participants. We believe it would be interesting to conduct further controlled studies (control group, deaf individuals with the same characteristics and no CI use), seeking to have the same number of individuals in both groups.

Furthermore, we may infer from our results that the mere reestablishment of auditory feedback afforded by CI is not enough for postlingually deaf individuals to perform the vocal adjustments required for their voices to approach normality standards; it may be especially insufficient in individuals with longer-standing hearing impairment and more extensive vocal changes due to deafness. For this reason, we believe that consideration of the need for specific speech therapy focusing on vocal parameters is imperative after cochlear implantation.

Conclusions

The patients in our sample showed modest changes in overall severity, strain, loudness and instability values, as well as reductions in fundamental frequency and its variability. Upon comparing the variation of results between the study and control groups, we were unable to prove that cochlear implant recipients differed from non-recipients, except in F0 variability (among male participants only).

References

1. Leder SB, Spitzer J. Longitudinal effects of single-channel cochlear implantation on voice quality. *Laryngoscope*. 1990; 100: 395-398.
2. Waldstein R. Effect of postlingual deafness on speech production: implications for the role of auditory feedback. *J Acoust Soc Am*. 1990; 88: 2099-2114.
3. Hinderink JB, Mens LH, Brokx JP, van den Broek P. Performance of prelingually and postlingually deaf patients using single-channel or multichannel cochlear implant. *Laryngoscope*. 1995; 105: 618-622.
4. Monsen RB, Engebretson AM, Vemula NR. Some effects of deafness on the generation of voice. *J Acoust Soc Am*. 1979; 66: 1680-1690.
5. Lane H, Webster JW. Speech deterioration in postlingually deafened adults. *J Acoust Soc Am*. 1991; 89(2): 859-866.
6. Tobey EA, Geers AE, Brenner C, Altuna D, Gabbert G. Factors associated with development of speech production skills in children implanted by age five. *Ear Hear*. 2003; 24(1 Suppl): 36S-45S.
7. Lejska M. Voice field measurements—a new method of examination: the influence of hearing on the human voice. *J Voice*. 2004; 18(2): 209-215.
8. Evans MK, Deliyski DD. Acoustic voice analysis of prelingually deaf adults before and after cochlear implantation. *J Voice*. 2007; 21(6): 669-682.
9. Hocevar-Boltezar I, Vatovec J, Gros A, Zargi M. The influence of cochlear implantation on some voice parameters. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol*. 2005; 69(12): 1635-1640.
10. Campisi P, Low A, Papsin B, Mount R, Cohen-Kerem R, Harrison R. Acoustic analysis of the voice in pediatric cochlear implant recipients: a longitudinal study. *Laryngoscope*. 2005; 115(6): 1046-1050.
11. Hocevar-Boltezar I, Radsel Z, Vatovec J, et al. Change of phonation control after cochlear implantation. *Otol Neurotol*. 2006; 27: 499-503.
12. Bento RF, Neto RB, Castilho AM, Goffi-Gomez MVS, Sant'Anna SBG, Guedes MC. Auditory results with multichannel cochlear implant in patients submitted to cochlear implant surgery at University of São Paulo Medical

- School - Hospital das Clínicas. *Braz J Otorhinolaryngol*. 2004; 7 (5): 632-637.
13. Kishon-Rabin L, Taitelbaum R, Tobin Y, Hildesheimer M. The effect of partially restored hearing on speech production of postlingually deafened adults with multichannel cochlear implants. *J Acoust Soc Am*. 1999; 106(5): 2843-2857.
 14. Hamzavi J, Deutsch W, Baumgartner WD, Denk DM, Adunka O, Gstoettner W. Cochlear implantation and auditory feedback. *Wien Klin Wochenschr*. 2000. Jun 2; 112(11): 515-518.
 15. Poissant SF, Peters KA, Robb MP. Acoustic and perceptual appraisal of speech production in pediatric cochlear implant users. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol*. 2006; 70: 1195-1203.
 16. Hocevar-Boltezar I, Boltezar M, Zargi M. The influence of cochlear implantation on vowel articulation. *Wien Klin Wochenschr*. 2008; 120(7-8): 228-233.
 17. Allegro J, Papsin BC, Harrison RV, Campisi P. Acoustic analysis of voice in cochlear implant recipients with post-meningitic hearing loss. *Cochlear Implants Int*. 2009. Published online in Wiley InterScience (www.interscience.wiley.com).
 18. Szyfter W, Pruszeuics A, Woznica B, Swidzinski P, Szymiec E, Karlik M. The acoustic analysis of voice in patients with multi-channel cochlear implant. *Rev Laryngol Otol Rhinol (Bord)*. 1996; 117(3): 225-227.
 19. Monini S, Banci G, Barbara M, Argiro MT, Filipo R. Clarion Cochlear implant: short-term effects on voice parameters. *Am J Otol*. 1997; 18: 719-725.
 20. Schenk BS, Baumgartner WD, Hamzavi JS. Changes in vowel quality after cochlear implantation. *ORL J Otorhinolaryngol Relat Spec*. 2003; 65(3):184-188.
 21. ASHA. Consensus Auditory-Perceptual Evaluation of Voice (CAPE-V). Sponsored by American Speech-Language-Hearing Association's Division 3: Voice and Voice Disorders, Department of Communication Science and Disorders, University of Pittsburgh. June 10-11, 2002 [cited 2003 Aug 12]. Available from: <http://www.asha.org>

22. Behlau M. Consensus Auditory-Perceptual Evaluation of Voice (CAPE-V). *Rev Soc Bras Fonoaudiol.* 2004; 9(3): 187-189.
23. Camargo Z, Tsuji DH, Madureira S. Analysis of dysphonic voices based on the interpretation of acoustic, physiological and perceptual data. In: Proceedings of the 6th International Seminar on Speech Production; 2003 Dec 7-10; Sydney. vol. 01. p. 31-36.
24. Bland JM, Altman DG. Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. *Lancet.* 1986; 1(8476): 307-310.
25. Bland JM, Altman DG. Comparing methods of measurement: why plotting difference against standard method is misleading. *Lancet.* 1995; 346(8982): 1085-1087.
26. Iler KK, Edgerton BJ. The effects of cochlear implant use on voice parameters. *Otolaryngol Clin North Am.* 1983; 16: 281-292.
27. Forner LL, Hixon TJ. Respiratory kinematics in profoundly hearing impaired speakers. *J Speech Hear Res.* 1977; 20(2): 373-408.
28. Ball V, Faulkner A, Fourcin A. The effects of two different speech-coding strategies on voice fundamental frequency control in deafened adults. *Br J Audiol.* 1990; 24: 393-409.
29. Camargo Z. Da fonação à articulação: princípios fisiológicos e acústicos. *Fonoaudiol Bras.* 1999; 2: 14-19.
30. Abitbol J, Abitbol P, Abitbol B. Sex hormones and the female voice. *J Voice.* 1999; 13(3): 424-446.
31. De Felipe ACN, Grillo MHMM, Grechi TH. Normatização de medidas acústicas para vozes normais. *Rev Bras Otorrinolaringol.* 2006; 72(5): 659-664.
32. Teles VC, Rosinha CU. Acoustic analysis of formants and measures of the sonorous signal disturbance in non-smoker and non-alcoholic women without vocal complaints. *Arq Int Otorrinolaringol.* 2008; 12(4): 523-530.
33. Behlau M, Tosi O, Pontes P. Determination of the basic frequency and its variations in height (jitter) and intensity (shimmer), for Brazilian Portuguese speaking subjects. *Acta AWHO.* 1985; 4(1): 5-10.

Table 1 – Mean and 25th–75th percentile of the three raters’ scores (in cm) for vocal parameters, auditory-perceptual assessment of study and control groups.

	STUDY GROUP			CONTROL GROUP		
	Before IC Mean (25h-75h p)	After IC Mean (25h-75h p)	P	Before IC Mean (25h-75h p)	After IC Mean (25h-75h p)	P
O	34,3 (30,8-40,8)	31,3 (26,5-37,8)	0,008*	40,0 (32,9-44,3)	39,0 (31,9-44,6)	0,96
R	21,8 (14,3-25,1)	20,3 (12,9-22,6)	0,12	24,3 (22,5-28,1)	24,6 (22,0-27,1)	0,87
B	12,2 (9,7-15,8)	11,7 (10,1-17,3)	0,92	11,8 (7,4-15,0)	10,6 (6,6-14,6)	0,43
S	18,0 (13,6-22,7)	15,8 (12,8-19,9)	0,008*	23,7 (18,0-30,0)	18,0 (12,6-23,0)	0,09
P	13,5 (10,0-21,7)	12,0 (8,7-20,8)	0,26	17,8 (11,1-28,5)	15,6 (10,9-26,7)	0,01*
L	10,3 (8,0-17,3)	8,5 (3,8-10,9)	0,002*	8,5 (2,2-13,5)	10,0 (3,0-17,4)	0,26
I	25,0 (20,8-30,7)	19,5 (15,5-24,4)	< 0,001*	24,6 (21,7-32,6)	23,1 (20,7-30,2)	0,23

O – Overall Severity, R – Roughness, B – Breathiness, S – Strain, P – Pitch, L – Loudness, I – Instability

(*) – Less than 0.05 were considered statistically significant

Table 2 – Mean and 25th–75th percentile of the three raters’ scores (in mm) for vocal parameters, auditory-perceptual assessment of study group participants (divided by gender).

STUDY GROUP						
	MALE			FEMALE		
	Before IC	After IC	p	Before IC	After IC	p
	Mean (25h-75h p)	Mean (25h-75h p)		Mean (25h-75h p)	Mean (25h-75h p)	
O	37,5 (33,0-44,8)	32,6 (28,5-38,5)	0,06	31,5 (30,6-37,9)	30,5 (23,7-34,7)	0,07
R	22,3 (16,3-26,3)	21,1 (18,5-24,1)	0,38	18,5 (13,6-23,9)	15,5 (11,5-22,2)	0,18
B	12,6 (9,0-17,0)	12,6 (10,6-18,5)	0,56	11,8 (10,7-14,7)	10,6 (10,0-15,4)	0,42
S	19,1 (16,5-22,6)	17,6 (13,7-20,9)	0,09	15,6 (12,8-21,1)	14,8 (10,5-17,5)	0,05
P	13,3 (10,0-20,5)	11,8 (8,1-20,5)	0,39	13,6 (10,0-22,4)	12,1 (8,9-21,5)	0,43
L	9,0 (8,0-16,5)	8,0 (3,4-12,0)	0,06	10,6 (8,4-19,8)	8,6 (4,2-10,5)	0,012*
I	24,5 (20,6-32,2)	22,3 (16,3-26,2)	0,05	26,0 (21,1-29,5)	18,8 (15,0-21,7)	0,003*

O – Overall Severity, R – Roughness, B – Breathiness, S – Strain, P – Pitch, L – Loudness, I – Instability

(*) – Less than 0.05 were considered statistically significant.

Table 3 – Mean and 25th–75th percentile of the three raters’ scores (in mm) for vocal parameters, auditory-perceptual assessment of control group participants (divided by gender).

CONTROL GROUP						
	MALE			FEMALE		
	Voice A	Voice B	p	Voice A	Voice B	p
	Mean (25h-75h p)	Mean (25h-75h p)		Mean (25h-75h p)	Mean (25h-75h p)	
O	44,0 (31,9-47,5)	41,5 (31,7-49,2)	0,50	37,1 (31,5-42,5)	38,0 (30,8-42,3)	0,60
R	26,0 (21,6-29,8)	25,3 (22,0-30,4)	0,83	24,1 (21,0-26,3)	24,6 (21,0-26,8)	0,67
B	13,1 (9,0-19,2)	12,8 (6,5-20,3)	0,75	9,3 (6,0-14,5)	10,5 (5,3-11,6)	0,34
S	22,2 (8,7-31,7)	18,6 (10,0-26,0)	0,35	24,2 (18,0-29,0)	18,8 (12,5-25,4)	0,14
P	15,6 (10,0-25,5)	14,8 (9,6-22,7)	0,12	21,1 (11,7-31,0)	19,3 (10,2-28,3)	0,07
L	6,1 (1,2-8,8)	6,1 (2,6-16,5)	0,12	12,5 (3,5-18,5)	13,8 (5,0-18,4)	0,89
I	23,8 (18,5-32,5)	24,3 (19,0-29,4)	0,50	24,6 (22,6-33,8)	23,1 (21,7-33,5)	0,25

O – Overall Severity, R – Roughness, B – Breathiness, S – Strain, P – Pitch, L – Loudness, I – Instability

(*) – Less than 0.05 were considered statistically significant.

Figure 1 – Box plot of variation in vocal parameter results assessed by the 3 raters in before-and-after recordings of the study and control groups.

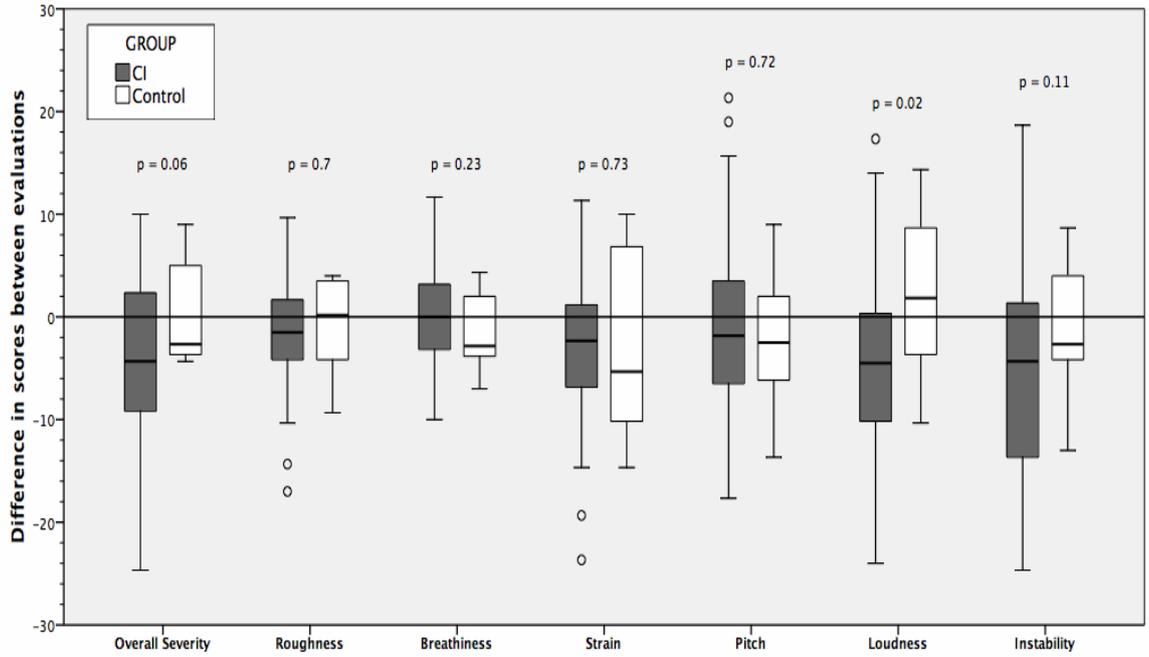


Table 4 – Mean and standard deviation (SD), in Hertz (Hz), of acoustic analysis parameters for the male and female subgroups of the study group.

STUDY GROUP						
MALE			FEMALE			
	Before IC	After IC		Before IC	After IC	
	Mean	Mean	p	Mean	Mean	p
	(SD)	(SD)		(SD)	(SD)	
F0	139,1 (41,26)	130,9 (36,20)	0,03*	183,1 (35,56)	176,4 (30,12)	0,09
F0 /a/	154,2 (54,52)	148,1 (58,18)	0,21	206,1 (43,01)	199,9 (39,26)	0,44
VF0 /a/	29,0 (18,2-62,3)	17,7 (12,5-19,9)	<0,001*	45,2 (24,2-80,1)	19,5 (17,6-36,0)	0,005*

F0 – Fundamental frequency, F0 /a/ – Fundamental frequency during sustained vowel /a/ emission,

VF0 /a/ – Fundamental frequency variability during sustained vowel /a/ emission.

(*) – Less than 0.05 were considered statistically significant.

Table 5 – Mean and standard deviation (SD), in Hertz (Hz), of acoustic analysis parameters for the male and female subgroups of the control group.

CONTROL GROUP						
	MALE			FEMALE		
	Voice A	Voice B		Voice A	Voice B	
	Mean (SD)	Mean (SD)	p	Mean (SD)	Mean (SD)	p
F0	115,1 (7,51)	117,9 (8,31)	0,24	175,1 (32,11)	168,6 (31,25)	<0,001
F0 /a/	114,9 (13,53)	122,5 (19,69)	0,17	204,7 (52,45)	195,7 (37,98)	0,23
VF0 /a/	18,0 (14,5-27,5)	26,5 (14,3-39,1)	0,08	36,0 (15,1-71,7)	31,2 (18,2-70,8)	0,75

F0 – Fundamental frequency, F0 /a/ – Fundamental frequency during sustained vowel /a/ emission,

VF0 /a/ – Fundamental frequency variability during sustained vowel /a/ emission.

(*) – Less than 0.05 were considered statistically significant.

Figure 2 – Results of vF0 variation, sustained vowel /a/, obtained pre-and post-CI in the study group and in controls, in male participants.

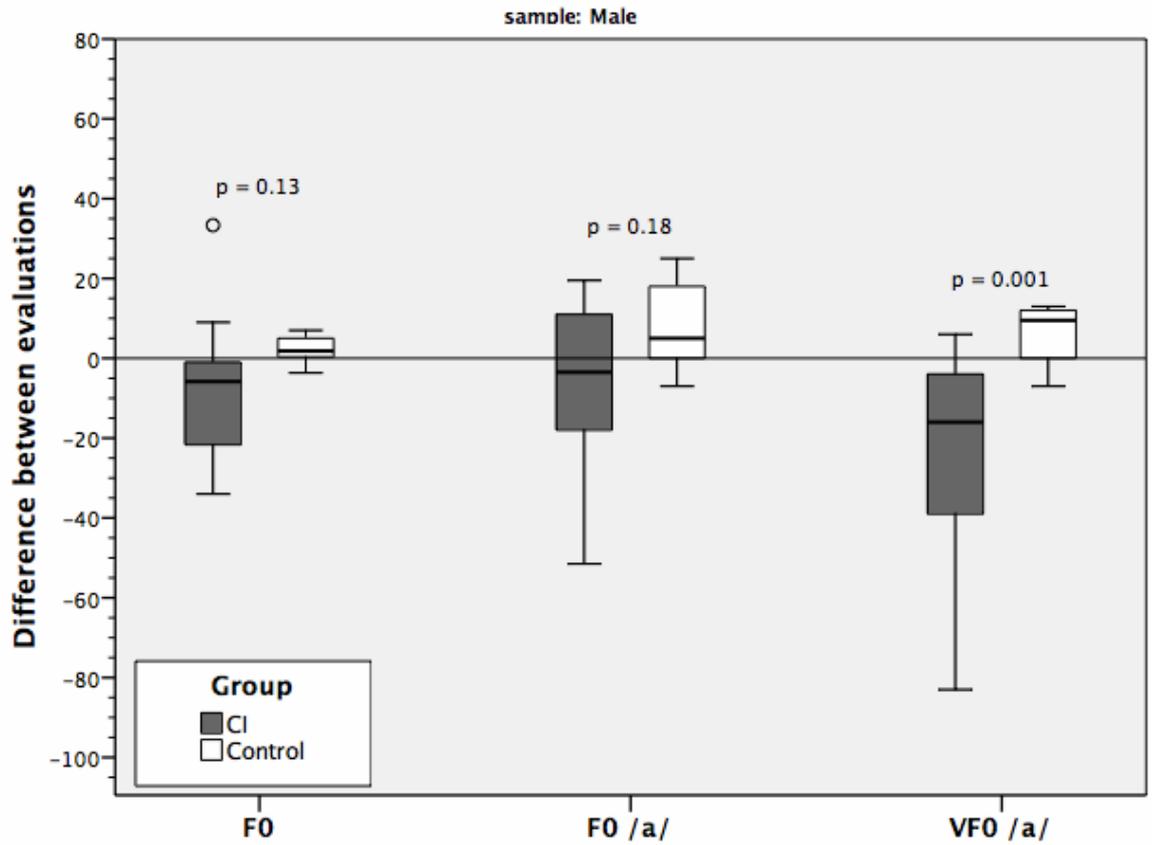
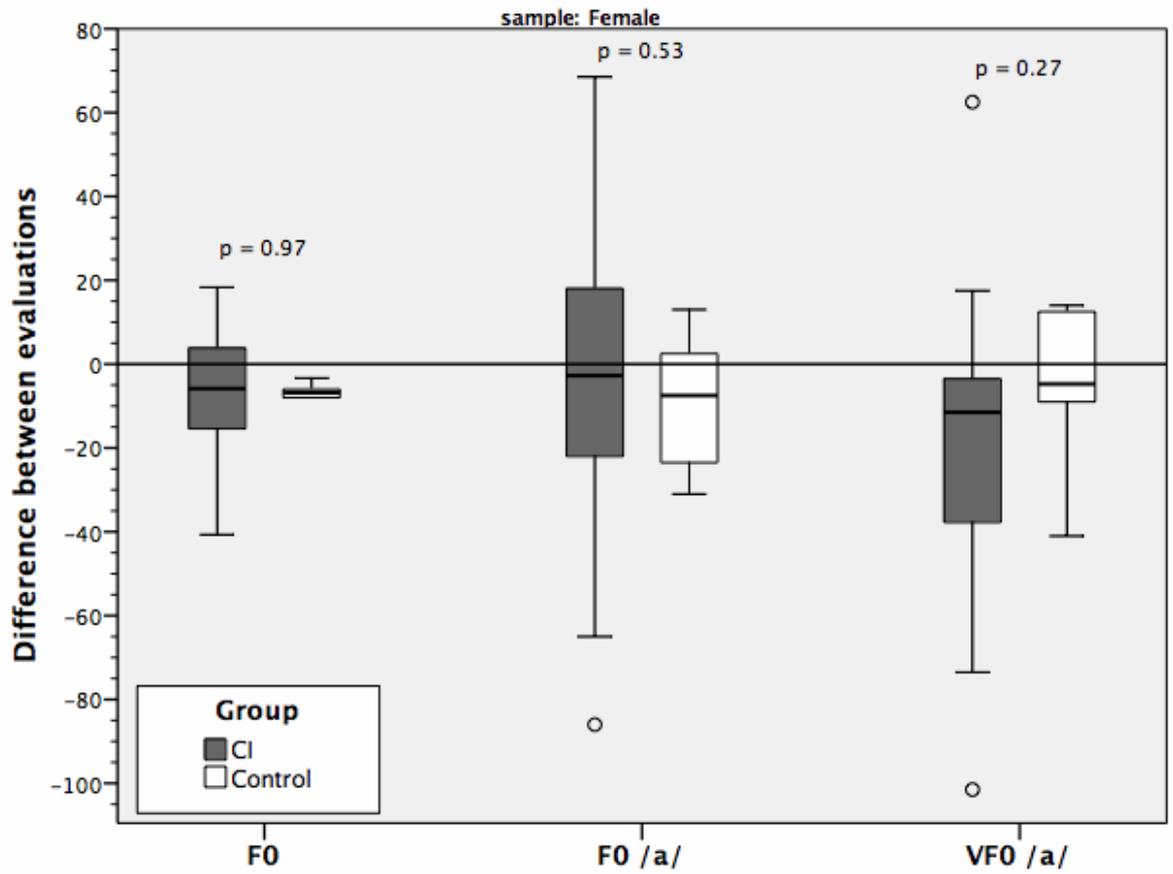


Figure 3 – Results of vF0 variation, sustained vowel /a/, obtained pre-and post-CI in the study group and in controls, in female participants.



1 Introdução

A produção de fala e da voz engloba a participação de quatro fases: respiração, fonação, articulação e ressonância. Para Zemlin (2000) não podemos falar em produção de fala sem citar o papel do mecanismo do *feedback* auditivo. Uma vez que a fala foi bem estabelecida e o indivíduo apresentar perda auditiva importante adquirida, o papel do *feedback* auditivo será diminuído, já que o *feedback* proprioceptivo e visual terá a importância de manter a articulação da fala e o controle vocal da forma mais adequada possível (Zemlin, 2000).

O *feedback* auditivo propicia o monitoramento e a calibração da articulação e da produção acústica dos segmentos de fala (Leder & Spitzer, 1990). Esse mesmo recurso faz o controle imediato e tardio da produção de fala e voz (Waldstein, 1990).

As alterações vocais apresentadas pelos deficientes auditivos variam de acordo com o tipo e grau da perda. O padrão de fala possui relação direta com a articulação e a qualidade vocal, sendo essencial para garantir a inteligibilidade de fala. A articulação tende a ser travada e imprecisa e a ressonância vocal com foco faríngeo, tendo como principal motivo a tensão existente no trato vocal em função da posteriorização e abaixamento da base de língua (Pinho, 1990).

As alterações de audição podem interferir no uso adequado dos órgãos envolvidos na produção de fala e voz pela falta de *feedback* auditivo.

As alterações vocais encontradas em deficientes auditivos estão relacionadas à respiração, fonação e articulação (Hiderlink et al., 1995).

A restrição ao *feedback* auditivo apresenta impactos negativos na produção de aspectos segmentais da fala e nos parâmetros vocais do deficiente auditivo, tais como: desvios na frequência fundamental (F0), alteração nas frequências dos formantes, variações na intensidade vocal, alterações de ressonância, tempo e duração de fala (Monsen et al., 1979; Lane & Webster, 1991; Tobey et al., 2003; Ramos, 2004; Lejska, 2004).

A fala e a voz dos surdos pré-linguais, de acordo com a literatura, têm sido apontadas com alterações mais acentuadas em relação aos surdos pós-linguais (Hiderlink et al., 1995; Evans et al., 2007; Ubrig-Zancanella et al., 2008). Os surdos pré-linguais não tiveram experiência auditiva que favorecesse o desenvolvimento de adequada produção de fala, enquanto os surdos pós-linguais foram favorecidos de certa experiência auditiva e já passaram pela maturação do controle neuromuscular da fonação, que envolve o controle dos músculos envolvidos na produção vocal (Hocevar-Boltezar et al., 2005). Porém, com a privação auditiva adquirida em algum momento da vida, podem desenvolver alterações vocais pela falta de monitoramento proporcionada pelo *feedback* auditivo (Campisi et al., 2005, Hocevar-Boltezar et al., 2006, Evans et al., 2007).

O *feedback* auditivo pode ser proporcionado utilizando-se próteses auditivas. Entretanto, crianças ou adultos com perdas auditivas de grau severo ou profundo, muitas vezes não se beneficiam do uso de próteses

auditivas. Após a avaliação de diversos aspectos, esse paciente pode ser candidato ao implante coclear (IC). O IC é um equipamento eletrônico computadorizado que estimula diretamente o nervo auditivo através de pequenos eletrodos que são colocados dentro da cóclea e o nervo leva estes sinais para o cérebro (Bento et al., 2004; Goffi-Gomez et al., 2004).

Os possíveis efeitos da restauração do *feedback* auditivo após o uso de IC nos parâmetros de fala e voz do deficiente auditivo, tem sido estudado por diversos autores (Kishon-Rabin et al., 1999; Hamzavi et al., 2000; Poissant et al., 2006; Hocevar-Boltezar et al., 2008; Allegro et al., 2009).

Encontramos na literatura internacional, estudos que tratam das mudanças na voz de crianças, adolescentes ou adultos deficientes auditivos pré-linguais após o uso do IC (Szyfter et al., 1996; Monini et al., 1997; Perrin et al., 1998; Seifert et al., 2002; Pan et al., 2005; Campisi et al., 2005; Allegro et al., 2009), com intuito de verificar o quanto a voz do surdo, que possui suas características próprias, pode ser modificada a partir da percepção auditiva. No Brasil, duas pesquisas recentes (Tonisi, 2002; Coelho et al., 2009) investigaram os mesmos aspectos em crianças usuárias de IC.

Algumas pesquisas (Leder & Spitzer, 1990; Szyfter et al., 1996; Monini et al., 1997; Kishon-Rabin et al., 1999; Hamzavi et al., 2000; Sckenk et al., 2003; Hocevar-Boltezar et al., 2006; Hocevar-Boltezar et al., 2008) também abordaram a voz dos deficientes auditivos antes e após o uso do IC, porém apresentam resultados contraditórios na observação do controle da

F0 e redução de seus valores, das frequência dos formantes, do *pitch*, da intensidade da voz, assim como outros aspectos vocais. Essas pesquisas apresentam amostras pequenas ou avaliam indivíduos com deficiência auditiva pré e pós lingual, provavelmente levando às divergências e diferenças nos resultados.

Dessa forma, nos interessamos por determinar melhor a influência da restauração do *feedback* auditivo comparando as características vocais de adultos surdos pós-linguais antes e após o uso do IC, com intuito de verificar se apenas pela melhor percepção da própria voz, o indivíduo consegue fazer os ajustes necessários no padrão vocal, que pode ter sido modificado pelos anos de privação auditiva proporcionados pela deficiência auditiva adquirida.

1.1 OBJETIVO

O objetivo deste estudo é verificar se ocorrem modificações nos parâmetros vocais (perceptivos e acústicos) em indivíduos adultos com deficiência auditiva pós-lingual, após o período de seis a nove meses de uso do implante coclear, sem reabilitação vocal específica.

2 Revisão da Literatura

Leder & Spitzer (1990) investigaram possíveis mudanças longitudinais nos parâmetros acústicos de dez adultos do sexo masculino com deficiência auditiva pós-lingual, após o uso de IC monocal. Os resultados foram comparados a dez indivíduos com audição normal. As vozes dos deficientes auditivos com perda sensorineural profunda foram gravadas e comparadas nas seguintes situações: antes da cirurgia do IC, um dia após a primeira estimulação (em dez adultos), seis meses (em oito adultos) e um ano após (em cinco adultos) a primeira estimulação. Os resultados indicaram que a F0 apresentou redução já no primeiro dia de estimulação (140,2 Hz) em relação à gravação pré IC (152,5 Hz) e após seis meses de uso do IC foi obtido o valor de 133,8 Hz, sem modificações importantes após um ano de uso. Não foram encontrados resultados significativos quanto à intensidade e duração de fala em relação aos diferentes momentos de gravação.

Szyfter et al. (1996) realizaram um estudo verificando a análise acústica da voz em cinco pacientes implantados, três adultos com surdez pós-lingual e duas crianças com idades entre 10 e 12 anos com surdez pré-lingual, nas seguintes situações: uma semana após o IC e três meses depois. A comparação dos resultados mostrou redução no valor da F0 após o uso do IC em todos os implantados e os valores de *jitter* e *shimmer* também diminuíram, aproximando-se mais da normalidade. Após a cirurgia também foram notadas diferenças na entonação da voz. Os autores concluíram que a análise acústica da voz de pacientes implantados

especialmente em crianças, pode ser uma avaliação objetiva do progresso da fala e na reabilitação auditiva.

Monini et al. (1997) pesquisaram a efetividade do sistema de IC Clarion, no controle auditivo da F0, intensidade e qualidade da voz e o acesso ao *feedback* auditivo na ausência de treinamento vocal, controlando as habilidades perceptuais da fala. Participaram nove pacientes, sendo cinco adultos com surdez pós-lingual, duas crianças com surdez pré-lingual e um adulto e uma criança com surdez peri-lingual. Realizou-se avaliação perceptivo-auditiva e acústica da voz, observando-se a entonação, intensidade, ataque e qualidade vocal antes da cirurgia, imediatamente após a primeira sessão de ativação do IC e após cinco semanas quando a ativação completou-se. Os resultados mostraram que a maioria dos pacientes, na condição ativada do IC, teve redução de entonação e nasalidade, e melhor controle da intensidade da voz. Esses achados foram confirmados com significativa redução da F0 em todos os pacientes e do F1 e F2 da voz em cinco casos. Observou-se também melhor definição dos formantes da voz em todos os casos, tendo ocorrido pela redução do *pitch* quando o IC foi ativado. Os autores concluíram que o IC possibilitou controle auditivo da voz e dos parâmetros articulatórios.

Kishon-Rabin et al. (1999) investigaram o efeito do *feedback* auditivo na produção de fala de cinco adultos surdos pós-linguais, utilizando IC Nucleus 22. As modificações na produção de fala foram mensuradas antes do IC, pós 1, 6 e 24 meses pós IC. Foram medidos valores de F1 e F2 das

vogais, F0, VOT (*voice-onset-time*), entre outras medidas. Após o IC ocorreram mudanças significativas na redução dos valores de F0, F1, duração das palavras e sentenças e aumento dos valores de VOT. Essas modificações foram mais significativas especialmente após dois anos de uso, em que observaram-se semelhanças nos valores de normalidade. Os autores concluem referindo que a partir do restabelecimento da audição de adultos surdos pós-linguais, a calibração dos ajustes acústicos de fala não é imediata e vão ocorrer ao longo do tempo. Esses ajustes vão depender da idade que o indivíduo adquire a perda auditiva, os anos de privação auditiva pré IC e as habilidades individuais de percepção.

Hamzavi et al. (2000) estudaram o efeito do IC nos valores de F0 da voz e na articulação de fala em 13 pacientes adultos com deficiência auditiva pós-lingual, sendo oito homens e cinco mulheres. Todos os pacientes utilizaram o IC Combi 40+ e realizaram a gravação de voz pré e pós três meses de uso do implante. Os resultados mostraram que 38% dos pacientes apresentaram redução significativa ($p < 0,05$) da F0, sendo os valores adquiridos próximos da normalidade. A análise espectrográfica também verificou melhora no padrão de articulação quando comparados os dois momentos de gravação. Os autores concluíram que uma grande variabilidade nos valores de F0 foi observada, mas não foi verificada correlação com a duração e o tempo de estabelecimento da surdez.

Schenk et al. (2003) investigaram a melhora na produção de fala por meio das características das vogais de dez adultos deficientes auditivos pós-

linguais, antes e após três e 12 meses de uso do IC. Participaram deste estudo cinco homens e cinco mulheres, sendo analisadas as vogais de cada falante extraindo-se a F0, a frequência de F1, F2 e F3, e a diferença entre os valores de F1 e F2. A F0 apresentou redução nos seus valores após três e 12 meses respectivamente. O valor obtido de F1 da vogal /e/ apresentou-se significativamente menor após os 12 meses de IC para o grupo estudado, ocorrendo o mesmo com a vogal /o/ nos adultos do sexo masculino. Os autores concluíram que a recuperação do *feedback* auditivo tem um efeito positivo na produção das vogais.

Behlau et al. (2005) referem que as tendências de desvios vocais em perdas auditivas de grau severo e profundo são: alterações de frequência, geralmente mais aguda; descontroles de intensidade, aumentada e irregular; voz monótona; alterações de ressonância com hipernasalidade e/ou foco faríngeo, tensão do trato vocal e velocidade de fala reduzida. O deficiente auditivo tem dificuldade para direcionar o fluxo aéreo, não sincronizando o início da expiração com o início da fonação, tendendo a expelir o ar antes de falar. Frequentemente utiliza o ar de reserva e interrompe frases em momentos inadequados. O posicionamento correto dos órgãos fonoarticulatórios está prejudicado pelo monitoramento auditivo inadequado.

Cukier & Camargo (2005) descreveram os correlatos acústicos da qualidade vocal de um deficiente auditivo com perda neurosensorial, usuário de AASI, relacionando-os aos dados perceptivo-auditivos e fisiológicos. As amostras de fala foram analisadas por dez fonoaudiólogas,

sendo elas: uma vogal sustentada /a/ e sete sentenças. Os dados obtidos foram comparados a de um falante com audição normal. Os resultados apontaram que o falante deficiente auditivo apresentou padrão respiratório inadequado durante a fala, articulação imprecisa, *pitch* agudo, *loudness* forte, ataque vocal brusco e qualidade vocal rouca-soprosa e tensa. As medidas de F0 apresentaram-se aumentadas e as da frequência do segundo formante (F2) diminuídas. O parâmetro de frequência do F2 está relacionado ao deslocamento antero-posterior da língua. Dessa forma, quando há anteriorização, o valor de F2 é maior, enquanto o valor menor de F2 indica a posteriorização da língua.

Hocevar-Boltezar et al. (2006) verificaram a influência do controle auditivo sobre os parâmetros vocais de crianças e adultos surdos após o IC. Participaram dessa pesquisa 29 crianças surdas pré-linguais e 11 adultos surdos pós-linguais. Foi analisada a vogal sustentada /a/ antes e após seis a 12 meses de IC. Como resultados, os autores verificaram melhoras significativas nos valores de jitter, shimmer, vF0 e vAM nas crianças pré-linguais, ao contrário dos adultos com surdez pós-lingual em que não foram observados resultados significativos quanto aos mesmos aspectos. Os valores da F0 mostraram-se com pequena ou nenhuma modificação nos dois grupos estudados. Os autores concluíram que a qualidade da voz das crianças pré-linguais era inferior em relação ao grupo de adultos no momento pré IC e após o uso do mesmo, as crianças obtiveram melhoras significativas na variação de F0 e amplitude, enquanto que nos adultos tais diferenças não foram observadas. Os autores inferiram que as melhoras

obtidas nas crianças foram consequência não apenas do controle auditivo, mas também da adaptação da habilidade neuromuscular no controle da fonação e da maturidade desses mecanismos. Além disso, nos adultos observou-se reduzidas melhoras após o IC, provavelmente devido ao melhor desenvolvimento dos parâmetros vocais estabelecidos antes de adquirir a deficiência auditiva.

Hocevar-Boltezar et al., (2008) estudaram mudanças acústicas no padrão de articulação de 30 crianças pré-linguais e 12 adultos pós-linguais após o IC. Amostras das vogais /a/, /i/ e /u/ foram analisadas extraindo-se os valores de F1 e F2 antes e após 6 a 12 meses de uso do IC. Não foram encontradas diferenças estatisticamente significantes nos adultos, apenas em 13 crianças pré-linguais nas situações pré e pós uso do IC.

3 Método

Esse projeto foi apresentado e aprovado pela comissão de Ética e Pesquisa da diretoria clínica do Hospital das Clínicas e da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo, sob o **protocolo nº 138/06 em 12/04/2006** (anexo 1). Os participantes foram informados da pesquisa e concordaram em participar como voluntários, assinando o termo de consentimento pós-informado (anexo 2).

Essa pesquisa foi prospectiva e longitudinal.

3.1 CASUÍSTICA

Participaram deste estudo indivíduos com deficiência auditiva pós-lingual, seqüencialmente implantados no período de abril de 2006 a abril de 2009, pertencentes ao Grupo de Implante Coclear da Divisão de Otorrinolaringologia do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da USP.

Critérios de inclusão dos participantes

- Adultos deficientes auditivos pós-linguais candidatos ao IC, com perda auditiva sensorineural de severa a profunda e/ou profunda bilateral.
- Possuir idade mínima de dezoito e máxima de sessenta anos.
- Apresentar como primeira língua o português Brasileiro.
- Fazer uso de linguagem oral para comunicação.
- Ser alfabetizado para adequada coleta da amostra de fala.
- Apresentar limiares auditivos com IC em campo livre, melhores que 40 dBHL, para todas as frequências de fala.

Critérios de exclusão dos participantes

- Lesões nas pregas vocais diagnosticadas por médico otorrinolaringologista por meio de exame de laringoscopia.
- Malformação congênita de laringe.
- Cirurgias de laringe realizadas anteriormente ou uso de traqueostomia.
- Malformações labiopalatais.
- Alterações psiquiátricas e/ou neurológicas.
- Funcionamento inadequado do processador de fala do IC.

Foi realizado cálculo de tamanho de amostra com base na comparação da frequência fundamental pré e pós implante coclear, levantada na literatura (Hamzavi et al., 2000), sendo a F0 considerada a variável mais importante do estudo. Foram utilizados os seguintes dados para o cálculo de tamanho de amostra: nível de significância de 5% (bicaudal); poder do teste de 80%; diferença mínima a ser detectada entre os dois momentos de 18,5 Hz para indivíduos do sexo masculino e 6,3 Hz para o sexo feminino e desvio-padrão da F0 de 20 Hz. A partir desses dados o número mínimo de indivíduos por gênero (masculino e feminino) calculado foi de 20.

Inicialmente foram encaminhados pelo Grupo de IC do HC-FMUSP para participarem dessa pesquisa 49 adultos candidatos, porém nove deles foram eliminados deste estudo por apresentarem algum dos aspectos dos critérios de exclusão.

O grupo estudo foi composto por 20 adultos do gênero masculino e 20 do gênero feminino, com deficiência auditiva sensorineural severa e/ou profunda bilateral.

Os adultos do gênero masculino apresentaram idades que variaram de 27 a 60 anos, com média de 44,50 anos e os adultos do gênero feminino apresentaram idades entre 23 e 60 anos, com média de 43,10 anos. O tempo de privação auditiva variou de 3 a 28 anos para o sexo masculino, com média de 12,40 anos e de 2 a 36 anos para o sexo feminino, com média de 13,55 anos.

No intuito de evitar que mudanças nas características vocais fossem atribuídas a gravações das vozes em dias diferentes, optou-se pela formação de um grupo controle, com as mesmas características do grupo estudo. O grupo controle foi formado por 12 indivíduos adultos, com deficiência auditiva sensorineural pós-lingual de grau severo e/ou profundo bilateral, falantes e alfabetizados, que passaram pelo processo de avaliação do Grupo de IC do HC-FMUSP, sendo seis do gênero masculino e seis do gênero feminino.

Os adultos do grupo controle do gênero masculino apresentaram idades que variaram de 21 a 52 anos, com média de 35,16 anos e os do gênero feminino apresentaram idades entre 31 e 56 anos, com média de 46 anos. O tempo de privação auditiva variou de 4 a 28 anos para o sexo masculino, com média de 15,83 anos e de 2 a 25 anos para o sexo feminino, com média de 15 anos.

3.2 MATERIAL E PROCEDIMENTOS

Os candidatos os quais a cirurgia de IC foi indicada passaram inicialmente pela aplicação do protocolo de anamnese, pela primeira gravação da voz pré IC e pelo exame laringológico, um dia antes da realização da cirurgia.

Na anamnese foi solicitado que o paciente e/ou acompanhante respondesse questões sobre a deficiência auditiva instalada, tempo de privação auditiva, uso de aparelhos de amplificação sonora individual (AASI), realização de cirurgias prévias na região de cabeça e pescoço, questões sobre tratamento fonoaudiológico anterior e possíveis queixas vocais dos pacientes ou observadas pelos acompanhantes (anexo 3).

No mesmo dia, os participantes foram submetidos à avaliação laringológica pelos médicos otorrinolaringologistas do Grupo de Voz do Hospital das Clínicas da FMUSP. Somente os pacientes que apresentavam exame laringológico normal foram incluídos na amostra.

Todos os pacientes do grupo estudo e do grupo controle realizaram as sessões de gravação das vozes no Laboratório de Voz do Ambulatório de Otorrinolaringologia do Hospital das Clínicas da FMUSP. As gravações das vozes foram feitas em ambiente silencioso, em sala com tratamento acústico, diretamente em um computador. Os indivíduos permaneceram sentados durante a gravação. Foi utilizado um microfone do tipo unidirecional, modelo *head-set*, da marca *Sennheiser* PC 20. O microfone foi

posicionado a uma distância padronizada de quatro cm da comissura labial do falante e a um ângulo de 45°. Os estímulos captados pelo microfone foram digitalizados pelo software *Sound Forge 6.0*, em extensão *.wav*, utilizando-se 22.050 Hz de frequência de amostragem e resolução de 16 bits. As amostras de fala foram editadas e analisadas pelo software de análise acústica Praat.

Para o grupo estudo a segunda gravação de voz foi realizada após 6 a 9 meses (média 7,5 meses e desvio padrão 1,2 meses) de uso do IC. Dessa forma, a voz de cada indivíduo foi comparada, por meio das mesmas tarefas fonatórias coletadas em dois momentos de gravação de voz - pré e pós uso do IC. Para o grupo controle foram realizadas quatro gravações de cada indivíduo em dias e horários diferentes, de acordo com as datas de retorno no processo de avaliação ao IC.

As amostras de fala utilizadas (anexo 4) para as gravações das vozes nos diferentes momentos foram:

1. Vogal sustentada /a/: foram solicitadas duas amostras da emissão. Os participantes foram orientados a tentar realizar em seu tom habitual de fala.
2. Leitura de seis frases que produzem diferentes configurações laríngicas e sinais clínicos do protocolo CAPE-V (ASHA, 2003), adaptadas para o português (Behlau, 2004), sendo elas: “Érica tomou suco de pêra e amora”, “Sonia sabe sambar sozinha”, “Olha lá o avião azul”, “Agora é

hora de acabar”, “Minha mãe namorou um anjo”, “Papai trouxe pipoca quente”.

3. Leitura do texto “Li uma alegoria de um jovem nobre...” para realização da análise acústica (Camargo, 2002).

Os participantes não passaram por nenhuma terapia específica de voz após a realização do IC. Os pacientes compareceram apenas aos retornos junto à equipe para programação e ajustes do aparelho.

As amostras de fala gravadas foram analisadas por meio de avaliação perceptivo-auditiva, utilizando-se o protocolo CAPE-V e por análise acústica, com uso do software *Praat*.

3.3 ANÁLISE VOCAL

3.3.1 Avaliação Perceptivo-Auditiva

Foi realizada avaliação perceptivo-auditiva das vozes gravadas por meio do julgamento de três avaliadores especialistas em voz (juízes), sendo utilizado o protocolo de avaliação CAPE-V (anexo 5). Os avaliadores passaram por um treino prévio antes da análise das vozes para melhor familiarização e preenchimento do protocolo CAPE-V.

O CAPE-V avalia seis parâmetros pré-determinados, com possibilidade de inclusão de dois adicionais, em três tarefas fonatórias: vogais sustentadas, frases específicas e conversação espontânea. Para se assinalar o grau do desvio observado, utiliza-se uma escala analógica linear, com 10 cm de extensão (0 a 100 mm), onde deve ser registrada a avaliação específica de cada parâmetro.

Os seis parâmetros perceptivos-auditivos da voz incluídos para avaliação no protocolo CAPE-V são: (a) *Overall Severity* – Grau da severidade global (impressão global da alteração vocal), (b) *Roughness* – Rugosidade (irregularidade na fonte sonora), (c) *Breathiness* – Soprosidade (escape de ar audível na voz), (d) *Strain* – Tensão (esforço vocal excessivo), (e) *Pitch* – Pitch (correlação perceptiva da frequência fundamental, determinando-se se está adequada ao sexo, idade e cultura do indivíduo), (f) *Loudness* – Loudness (correlação perceptiva da intensidade do som, determinando-se se está adequada ao sexo, idade e cultura do indivíduo).

Além desses seis parâmetros selecionados, o avaliador pode marcar até dois parâmetros extras quando considerar necessário, tais como: diplofonia, som basal, falsete, astenia, afonia, instabilidade de frequência, tremor, qualidade vocal molhada e outros relevantes. Finalmente, o avaliador realiza observações quanto à ressonância vocal, no item específico, avaliando presença de hipernasalidade, hiponasalidade, *cul-de-sac* ou outras. O clínico deve ainda indicar se a alteração assinalada é consistente (C) ou intermitente (I), circulando a respectiva letra impressa na folha de respostas. Quando um parâmetro é avaliado como consistente, indica que ele esteve presente durante todas as tarefas de fala, já o intermitente indica presença assistemática do desvio (ASHA, 2003; Behlau, 2004).

Para a análise das vozes, as tarefas fonatórias gravadas de ambos os grupos estudo e controle foram editadas em um único CD de forma randomizada. Optou-se por separar as vozes do gênero masculino e feminino na apresentação do CD a fim de facilitar a análise vocal. Na edição do CD, 10% das amostras de fala foram aleatoriamente repetidas (alguns pacientes apresentados duas vezes, com numeração diferente) a fim de verificar a confiabilidade intra-juizes. Para a randomização todas as vozes dos pacientes foram numeradas de 1 a 136 (80 vozes referentes ao pré e pós do grupo estudo, 48 vozes referentes a quatro amostras de cada paciente do grupo controle e oito vozes repetidas, referentes a quatro pré e quatro pós implante coclear) e cada faixa do CD correspondia às frases do CAPE-V e às vogais sustentadas /a/ de cada um.

Os avaliadores foram solicitados a preencher o protocolo CAPE-V para cada faixa. Dessa forma, foram preenchidos 136 protocolos pelos três juízes, totalizando 408 protocolos a serem analisados.

Foram classificados por meio do protocolo CAPE-V os seguintes parâmetros vocais:

- Grau geral da disfonia,
- Rugosidade,
- Soprosidade,
- Tensão,
- *Pitch*,
- *Loudness*.

Os avaliadores também foram orientados a preencherem até outras duas características da qualidade vocal presentes nas vozes, sendo citadas nas linhas em branco adicionais do protocolo, se necessário. Ao final, foram orientados a classificar o foco ressonantal predominante de cada voz da seguinte forma: equilibrada (normal), laringo-faríngea, faríngea, hipernasalidade, hiponasalidade ou *cul-de-sac*.

3.3.2 Análise Acústica

Para a análise acústica utilizou-se o software *Praat* (versão 5.0.47 – www.praat.org) para extração da frequência fundamental (F0) e dos três primeiros formantes das vogais (F1, F2 e F3), durante a leitura de texto (Camargo, 2002). Também utilizou-se o mesmo software para análise da média da F0, frequência mínima, máxima e cálculo da variabilidade da F0 durante a prova de vogal sustentada /a/.

Para a extração da F0 e dos formantes foi utilizada três amostras da vogal “a” da sílaba tônica de palavras do texto lido pelos indivíduos, a saber: “venerada”, “verdades” e “verdade”, expostas no seguinte contexto (as frases abaixo estão inseridas no começo, meio e fim do texto lido):

“Reina, venerada na região do vale dourado.”

“Divulga às demais aves as verdades e misérias da vida...”

“Baseadas em novos valores, ajudaram umas as outras de verdade...”

A extração da F0 e dos formantes foi realizada pela pesquisadora, utilizando os seguintes critérios: após a leitura das palavras ao longo das frases citadas acima, selecionou-se por meio do software *Praat* apenas a vogal “a” de cada palavra na posição referida anteriormente, sendo padronizado o tempo de 0.06 a 0.08 ms na posição medial (mais estável) da vogal articulada.

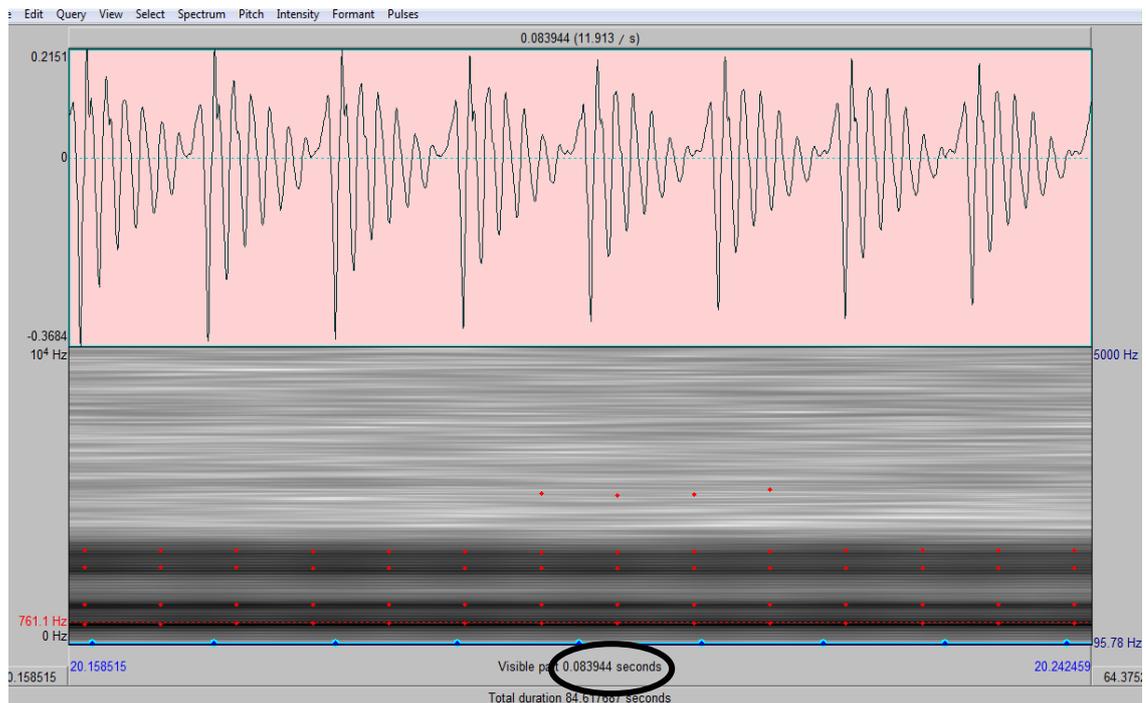


Figura 1 – Imagem do Praat da vogal /a/ articulada na posição medial de 0,08 ms para cálculo do valor da F0 durante leitura de texto

Dessa forma, foram calculados os valores de F0 e formantes das três amostras de fala do mesmo indivíduo a fim de encontrar o valor mais fiel dessas medidas e ao final estabeleceu-se a média dos mesmos.

Para o cálculo das medidas de F0 e da sua variabilidade na vogal sustentada /a/ (dada pelas medidas das frequências mínima e máxima), foi excluído o primeiro e último segundo, analisando-se a parte medial das emissões vocais.

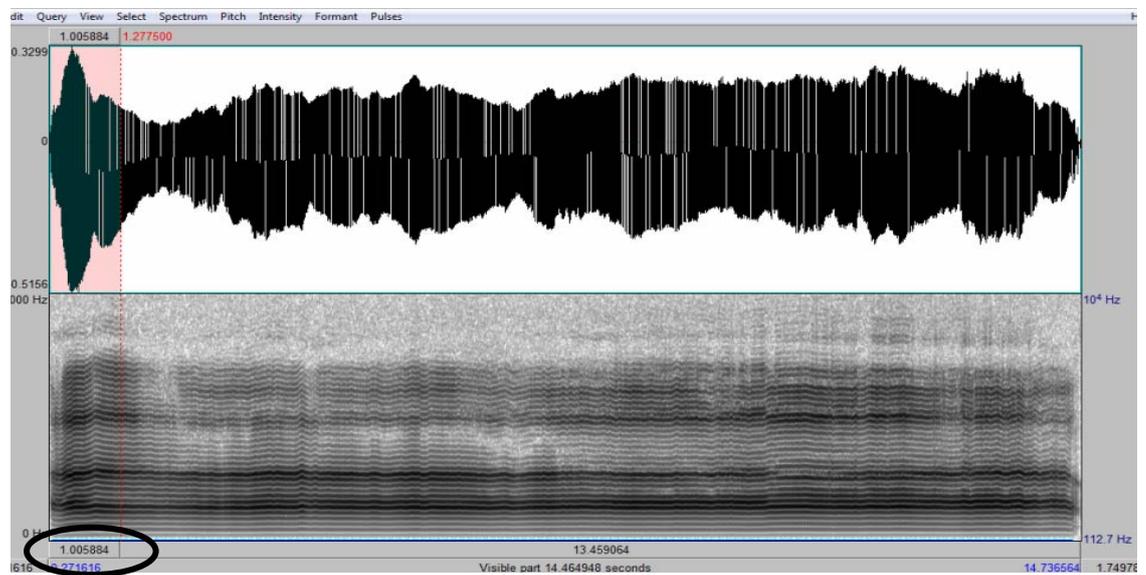


Figura 2 – Imagem do *Praat* na vogal sustentada /a/ excluindo-se o primeiro segundo para cálculo da F0 e sua variabilidade

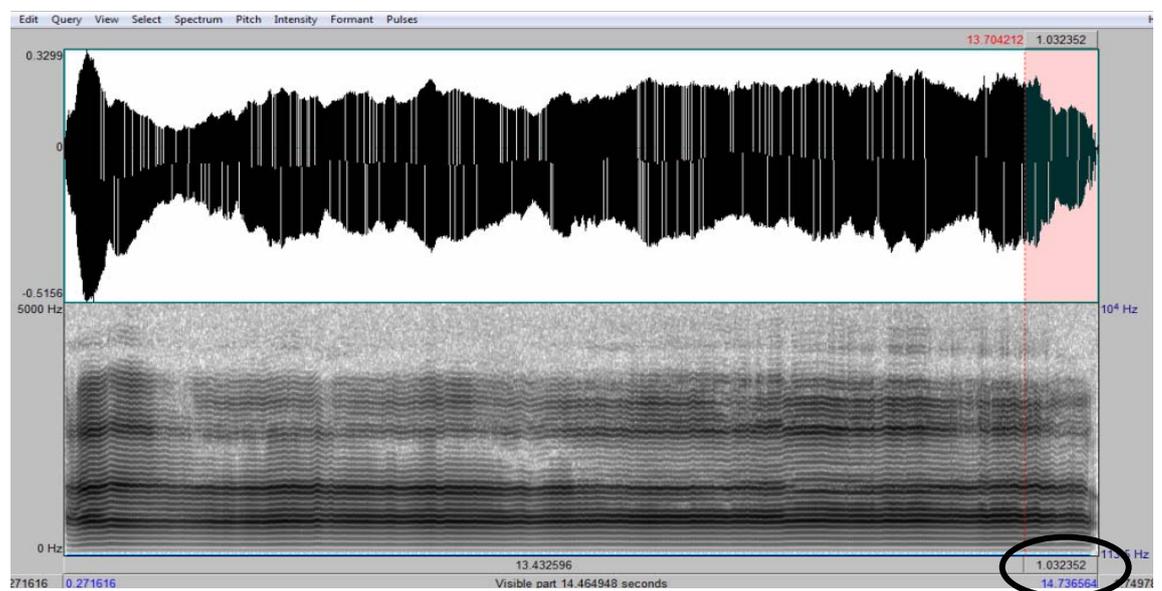


Figura 3 – Imagem do *Praat* na vogal sustentada /a/ excluindo-se o último segundo para cálculo da F0 e sua variabilidade

3.4 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os dados coletados foram armazenados e analisados utilizando-se o *software Statistical Package for Social Sciences* versão 16.2 para *Mac*. A distribuição dos dados perceptivo-auditivos, bem como as medidas acústicas foi testada para a normalidade utilizando-se o teste de Kolmogorov-Smirnov; nos casos em que não houve distribuição normal foram utilizados testes não paramétricos.

Para a análise dos parâmetros perceptivo-auditivos, para os momentos pré e pós, foi utilizado o teste de *Wilcoxon (Signed Ranks)*. Enquanto que para a comparação dos momentos pré e pós (dentro de cada grupo) dos resultados dos parâmetros acústicos utilizou-se o teste *t* de *Student* para amostras pareadas. A variação entre os momentos pré e pós foi calculada para cada parâmetro vocal analisado. As variações entre os momentos pré e pós foram comparadas entre o grupo implantado e controle utilizando-se o teste U de Mann-Whitney. Foram consideradas diferenças estatisticamente significantes quando os valores de *p* foram menores que 0,05. Para a avaliação da concordância de cada juiz, avaliando o mesmo exame dos parâmetros perceptivo-auditivos em momentos diferentes, foi utilizado o método proposto por Bland e Altman.

4 Resultados

Tabela 1 – Média e percentil 25-75 do escore (em mm) dos três juízes de cada parâmetro vocal da avaliação perceptivo-auditiva do grupo estudo e controle

	GRUPO ESTUDO			GRUPO CONTROLE		
	Pré IC Média (p25-75)	Pós IC Média (p25-75)	p	Pré Média (p25-75)	Pós Média (p25-75)	p
GG	34,3 (30,8-40,8)	31,3 (26,5-37,8)	0,008*	40,0 (32,9-44,3)	39,0 (31,9-44,6)	0,96
R	21,8 (14,3-25,1)	20,3 (12,9-22,6)	0,12	24,3 (22,5-28,1)	24,6 (22,0-27,1)	0,87
S	12,2 (9,7-15,8)	11,7 (10,1-17,3)	0,92	11,8 (7,4-15,0)	10,6 (6,6-14,6)	0,43
T	18,0 (13,6-22,7)	15,8 (12,8-19,9)	0,008*	23,7 (18,0-30,0)	18,0 (12,6-23,0)	0,09
P	13,5 (10,0-21,7)	12,0 (8,7-20,8)	0,26	17,8 (11,1-28,5)	15,6 (10,9-26,7)	0,01*
L	10,3 (8,0-17,3)	8,5 (3,8-10,9)	0,002*	8,5 (2,2-13,5)	10,0 (3,0-17,4)	0,26
I	25,0 (20,8-30,7)	19,5 (15,5-24,4)	< 0,001*	24,6 (21,7-32,6)	23,1 (20,7-30,2)	0,23

Legenda:

GG – grau geral da voz, R – rugosidade, S – soprosidade, T – tensão, P – *pitch*, L – *loudness*, I – instabilidade

(*) – resultado estatisticamente significativo – $p < 0,05$

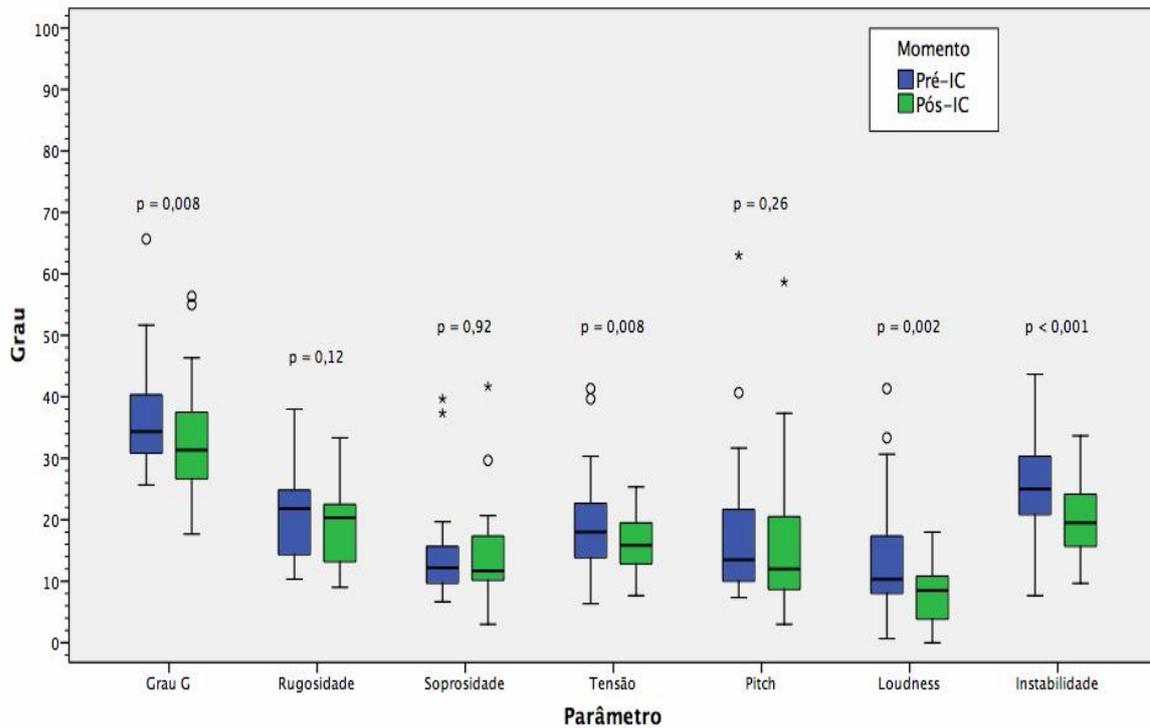


Figura 4 – Apresentação dos resultados da avaliação perceptivo-auditiva do grupo estudo nas situações pré e pós uso do IC

Os resultados do grupo estudo e do grupo controle também foram separados por gênero masculino e feminino, considerando as particularidades quanto aos valores de F0 e harmônicos dos formantes, relacionados ao tamanho da laringe, das pregas vocais e da região do trato vocal.

Tabela 2 – Média e percentil 25-75 do escore (em mm) dos três juízes de cada parâmetro vocal da avaliação perceptivo-auditiva do grupo estudo para os gêneros masculino e feminino

GRUPO ESTUDO						
	MASCULINO			FEMININO		
	Pré IC Média (p25-75)	Pós IC Média (p25-75)	p	Pré IC Média (p25-75)	Pós IC Média (p25-75)	p
GG	37,5 (33,0-44,8)	32,6 (28,5-38,5)	0,06	31,5 (30,6-37,9)	30,5 (23,7-34,7)	0,07
R	22,3 (16,3-26,3)	21,1 (18,5-24,1)	0,38	18,5 (13,6-23,9)	15,5 (11,5-22,2)	0,18
S	12,6 (9,0-17,0)	12,6 (10,6-18,5)	0,56	11,8 (10,7-14,7)	10,6 (10,0-15,4)	0,42
T	19,1 (16,5-22,6)	17,6 (13,7-20,9)	0,09	15,6 (12,8-21,1)	14,8 (10,5-17,5)	0,05
P	13,3 (10,0-20,5)	11,8 (8,1-20,5)	0,39	13,6 (10,0-22,4)	12,1 (8,9-21,5)	0,43
L	9,0 (8,0-16,5)	8,0 (3,4-12,0)	0,06	10,6 (8,4-19,8)	8,6 (4,2-10,5)	0,012*
I	24,5 (20,6-32,2)	22,3 (16,3-26,2)	0,05	26,0 (21,1-29,5)	18,8 (15,0-21,7)	0,003*

Legenda:

GG – grau geral da voz, R – rugosidade, S – soprosidade, T – tensão, P – *pitch*, L – *loudness*, I – instabilidade

(*) – resultado estatisticamente significativo – $p < 0,05$

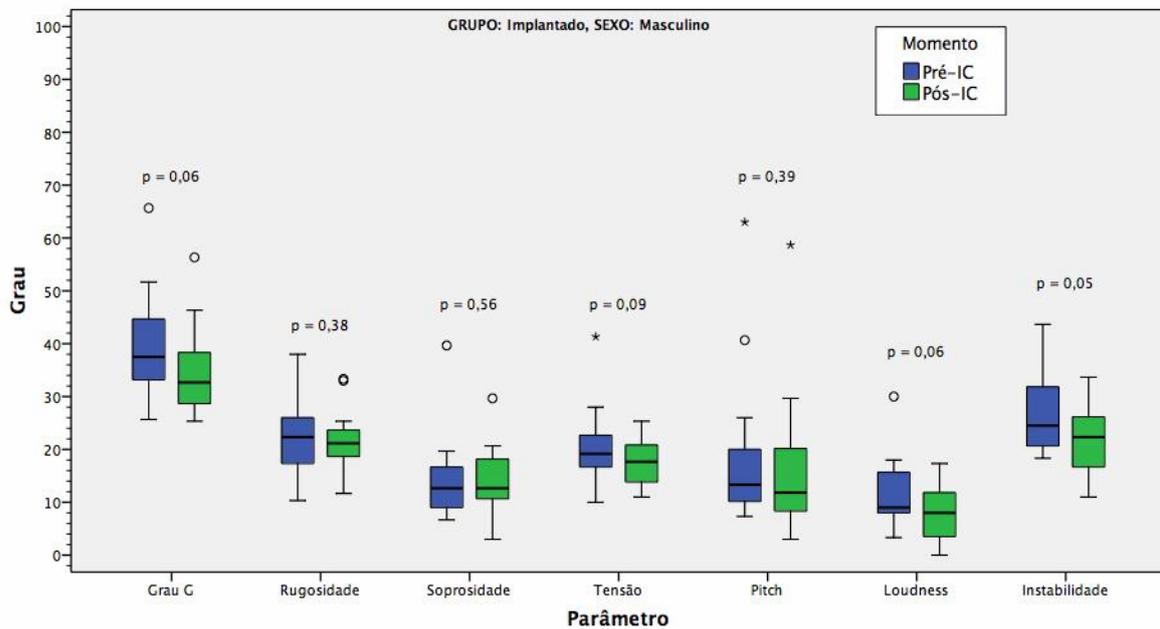


Figura 5 - Apresentação dos resultados da avaliação perceptivo-auditiva do sexo masculino do grupo estudo nas situações pré e pós uso do IC

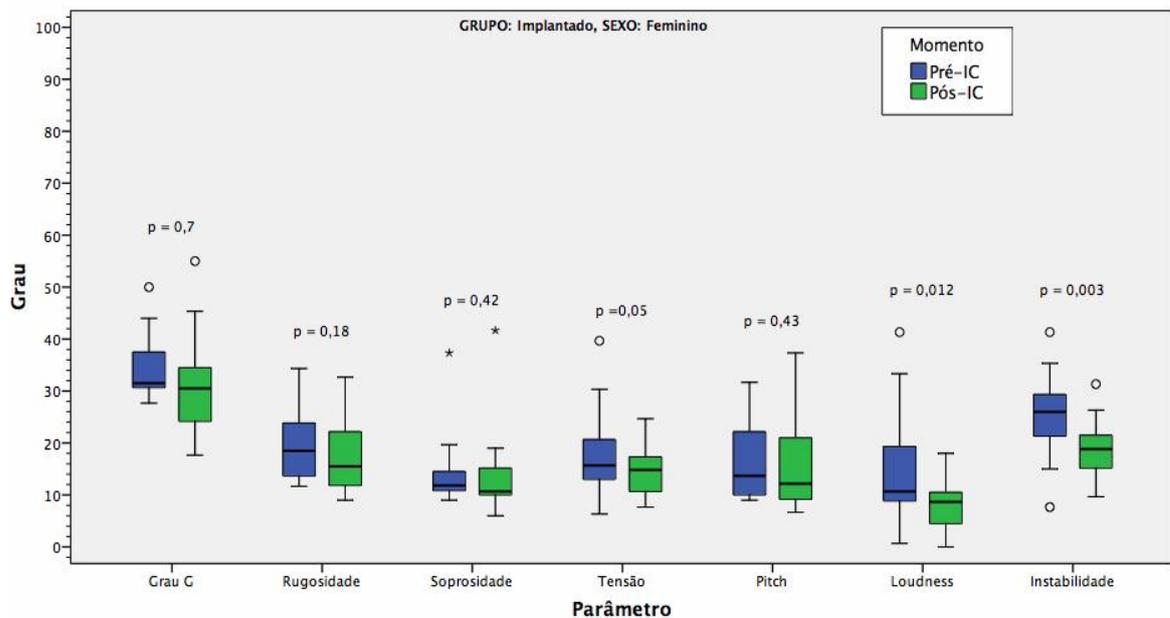


Figura 6 - Apresentação dos resultados da avaliação perceptivo-auditiva do sexo feminino do grupo estudo nas situações pré e pós uso do IC

Tabela 3 – Média e percentil 25-75 do escore (em mm) dos três juízes de cada parâmetro vocal da avaliação perceptivo-auditiva do grupo controle para os gêneros masculino e feminino

GRUPO CONTROLE						
	MASCULINO			FEMININO		
	Pré Média (p25-75)	Pós Média (p25-75)	p	Pré Média (p25-75)	Pós Média (p25-75)	p
GG	44,0 (31,9-47,5)	41,5 (31,7-49,2)	0,50	37,1 (31,5-42,5)	38,0 (30,8-42,3)	0,60
R	26,0 (21,6-29,8)	25,3 (22,0-30,4)	0,83	24,1 (21,0-26,3)	24,6 (21,0-26,8)	0,67
S	13,1 (9,0-19,2)	12,8 (6,5-20,3)	0,75	9,3 (6,0-14,5)	10,5 (5,3-11,6)	0,34
T	22,2 (8,7-31,7)	18,6 (10,0-26,0)	0,35	24,2 (18,0-29,0)	18,8 (12,5-25,4)	0,14
P	15,6 (10,0-25,5)	14,8 (9,6-22,7)	0,12	21,1 (11,7-31,0)	19,3 (10,2-28,3)	0,07
L	6,1 (1,2-8,8)	6,1 (2,6-16,5)	0,12	12,5 (3,5-18,5)	13,8 (5,0-18,4)	0,89
I	23,8 (18,5-32,5)	24,3 (19,0-29,4)	0,50	24,6 (22,6-33,8)	23,1 (21,7-33,5)	0,25

Legenda:

GG – grau geral da voz, R – rugosidade, S – soprosidade, T – tensão, P – *pitch*, L – *loudness*, I – instabilidade

(*) – resultado estatisticamente significativo – $p < 0,05$

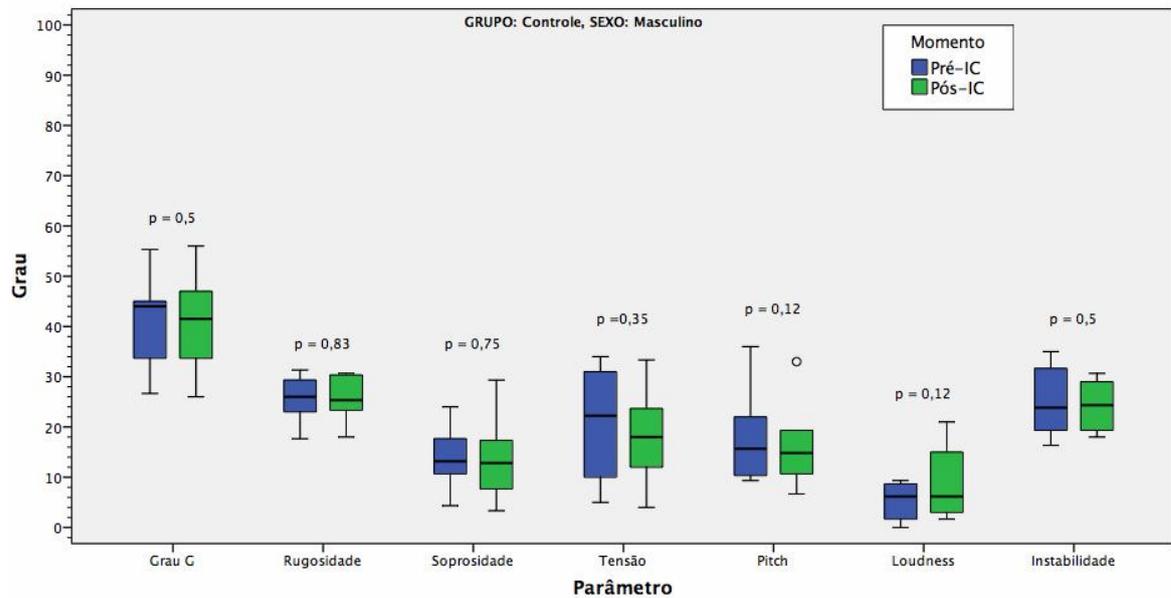


Figura 7 – Apresentação dos resultados da avaliação perceptivo-auditiva do sexo masculino do grupo controle nas situações pré e pós - diferentes momentos de gravação

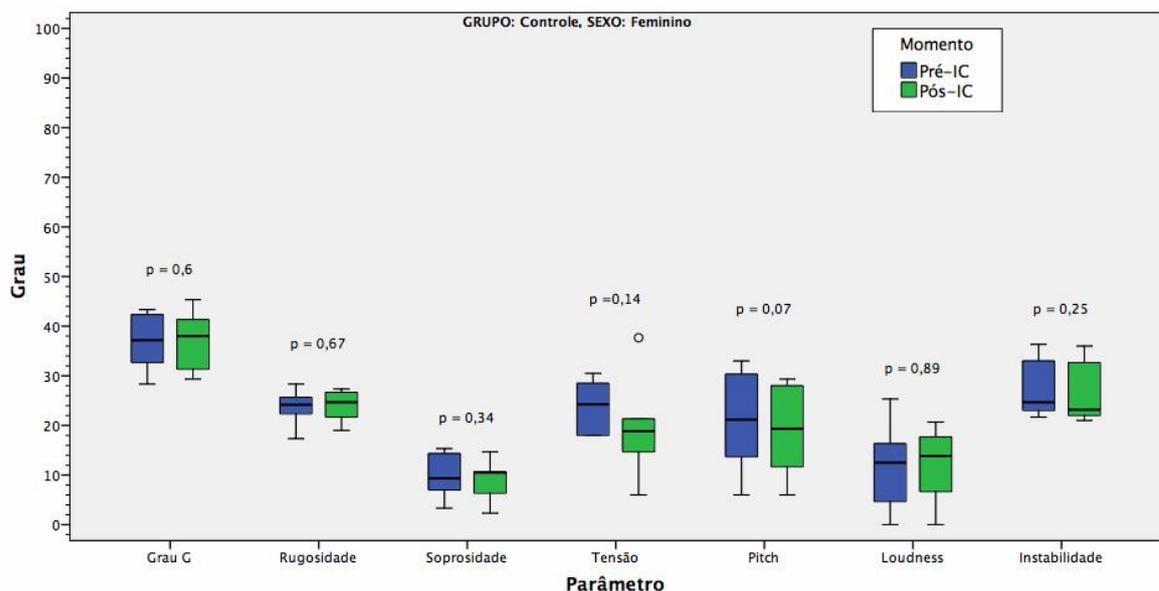


Figura 8 - Apresentação dos resultados da avaliação perceptivo-auditiva do sexo feminino do grupo controle nas situações pré e pós - diferentes momentos de gravação

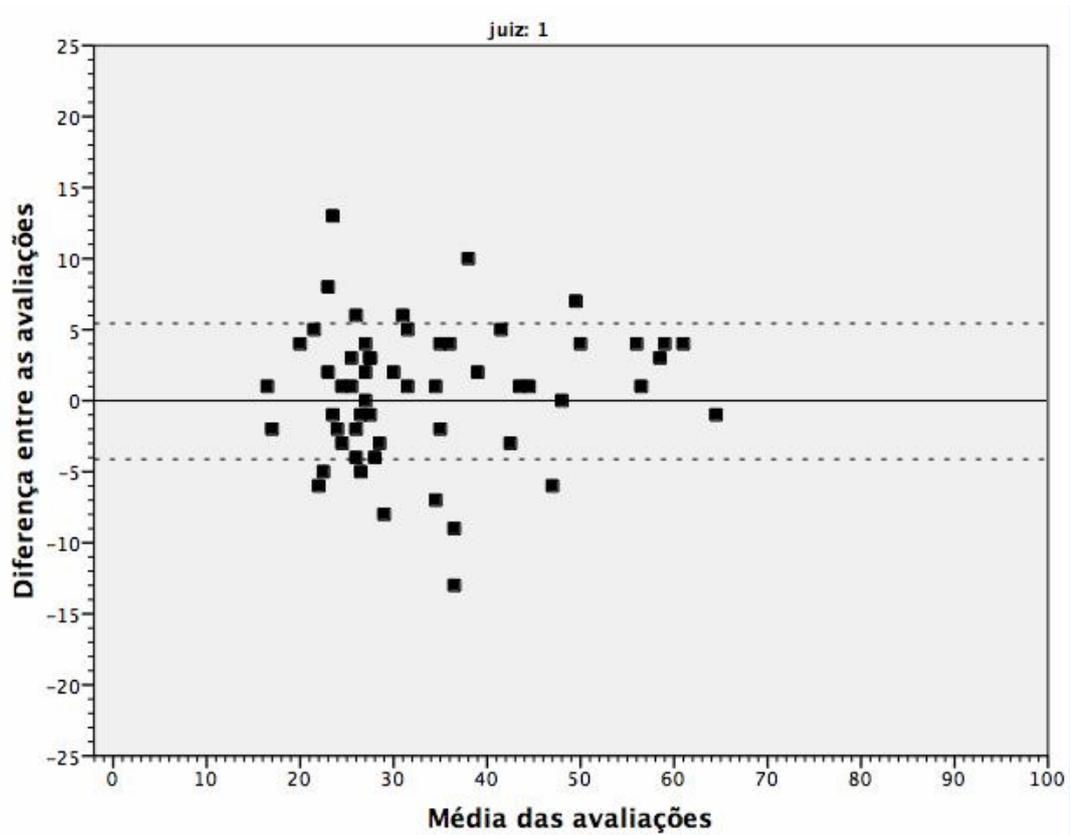


Figura 9 – Diferença (em mm) entre as duas análises dos parâmetros vocais na avaliação perceptivo-auditiva intra-juiz 1, nos 10% das amostras de vozes repetidas.

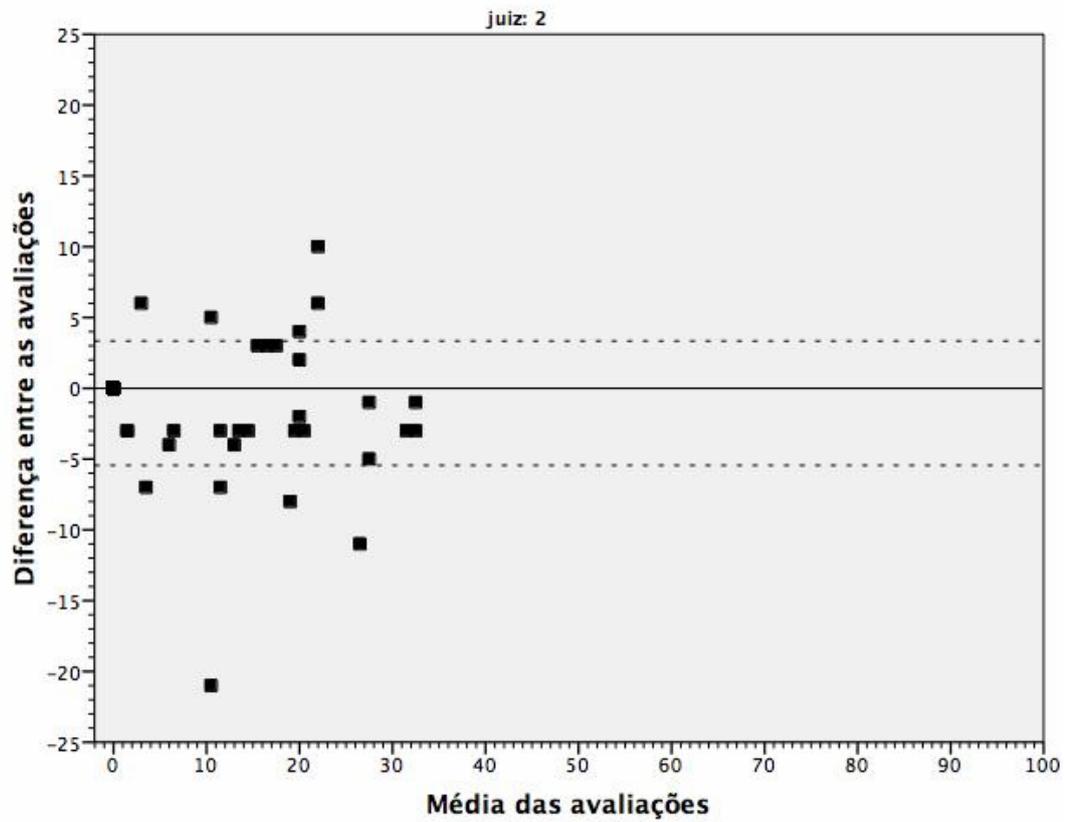


Figura 10 – Diferença (em mm) entre as duas análises dos parâmetros vocais na avaliação perceptivo-auditiva intra-juiz 2, nos 10% das amostras de vozes repetidas.

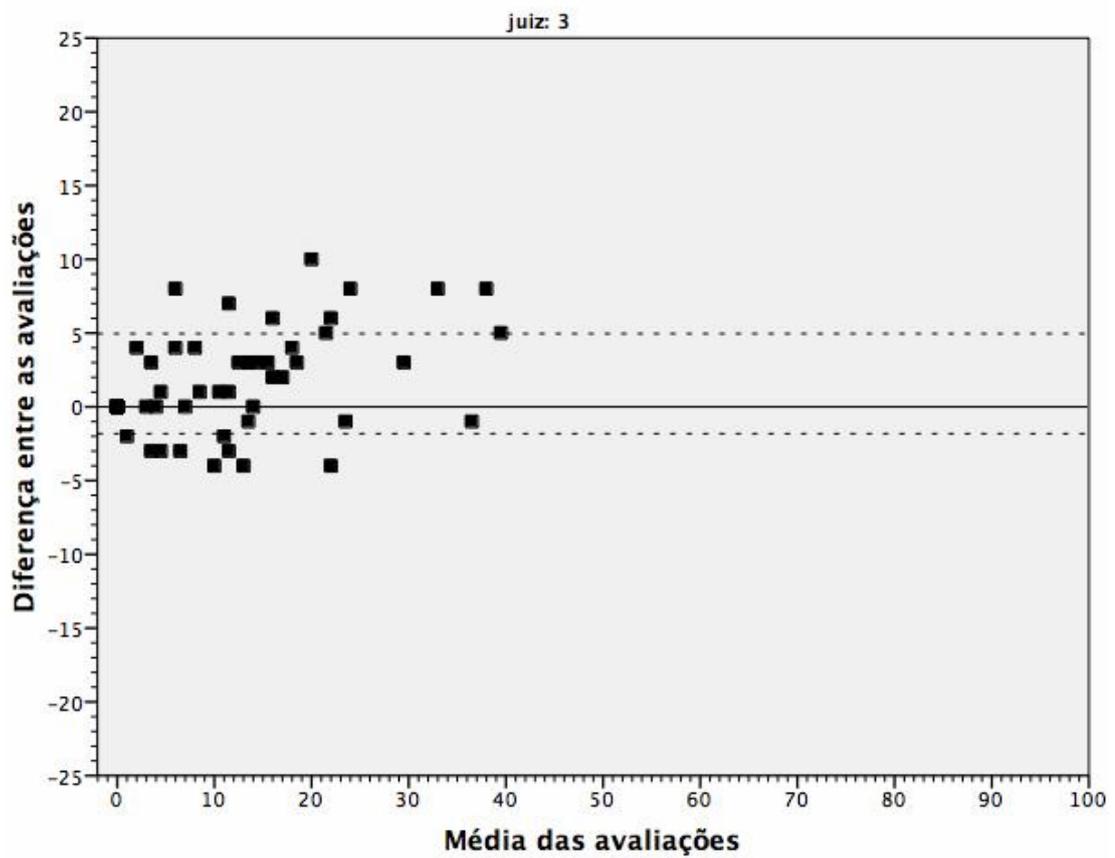


Figura 11 – Diferença (em mm) entre as duas análises dos parâmetros vocais na avaliação perceptivo-auditiva intra-juiz 3, nos 10% das amostras de vozes repetidas

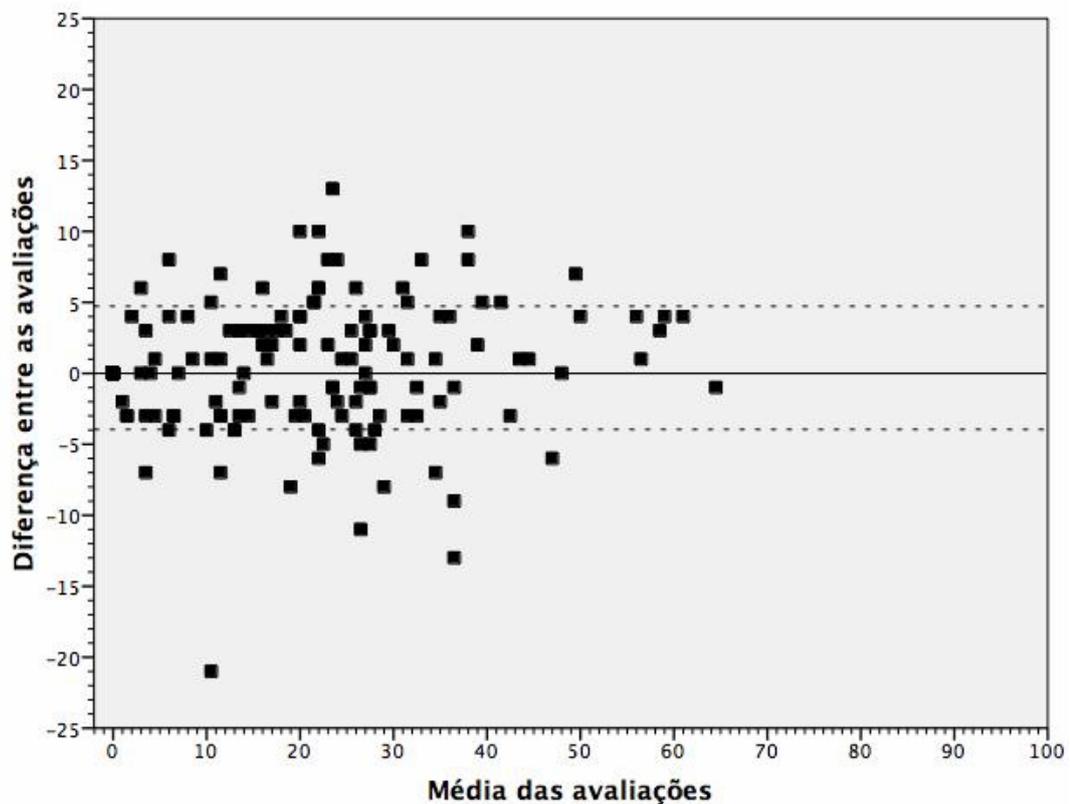


Figura 12 – Diferença (em mm) entre as duas análises dos parâmetros vocais na avaliação perceptivo-auditiva intra-juízes (3 juízes), nos 10% das amostras de vozes repetidas

Tabela 4 – Media e desvio padrão da diferença (em mm) entre as duas análises dos parâmetros vocais da avaliação perceptivo-auditiva, dos 3 juízes nos 10% das amostras de vozes repetidas

Descriptive Statistics

	N	Mean	Std. Deviation
Diferença entre as ...	192	,297	4,1162
Valid N (listwise)	192		

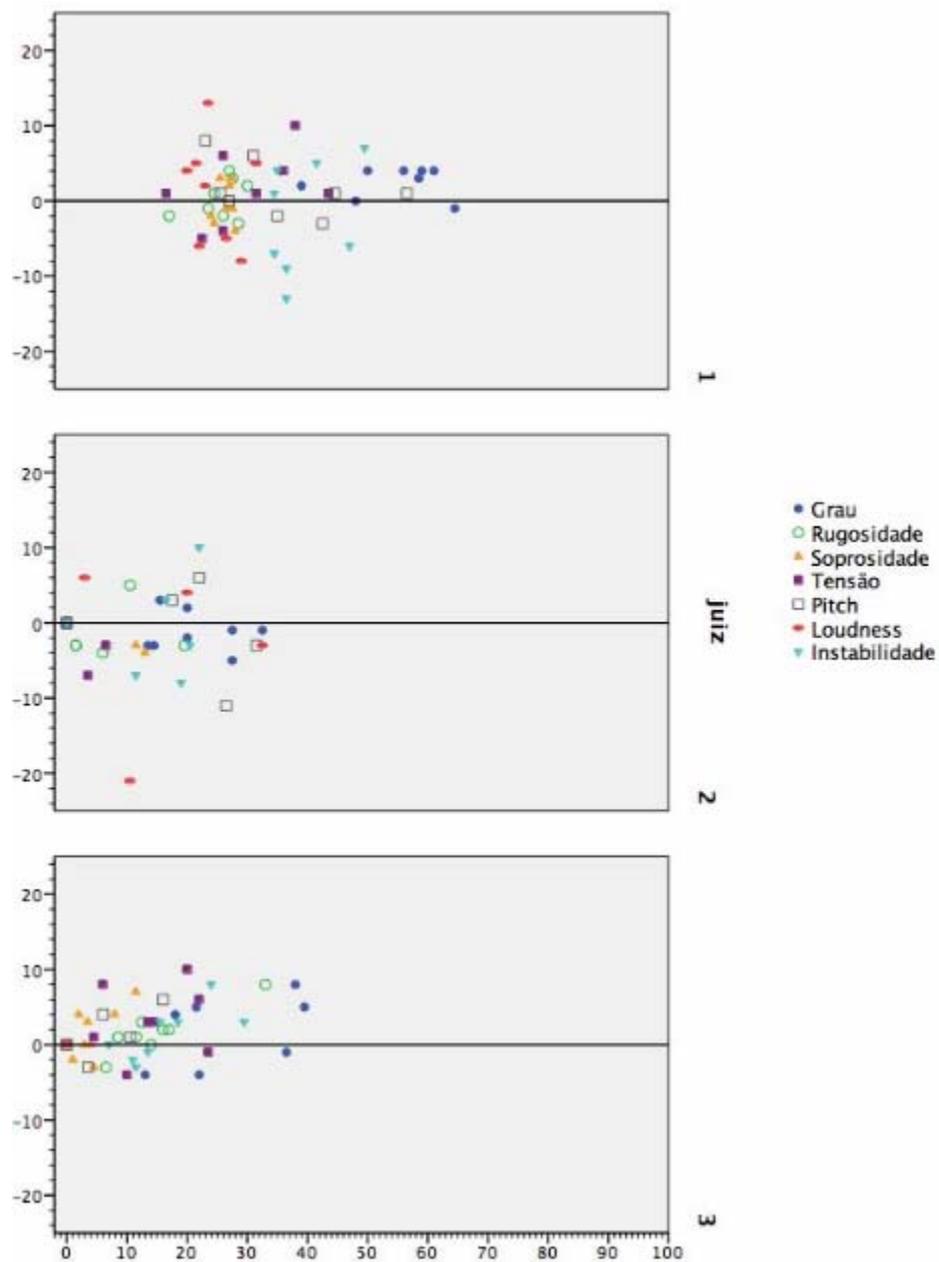


Figura 13 – Diferença (em mm) entre as duas análises intra-juizes nos 10% das amostras de vozes repetidas, demonstrando cada parâmetro vocal da avaliação perceptivo-auditiva

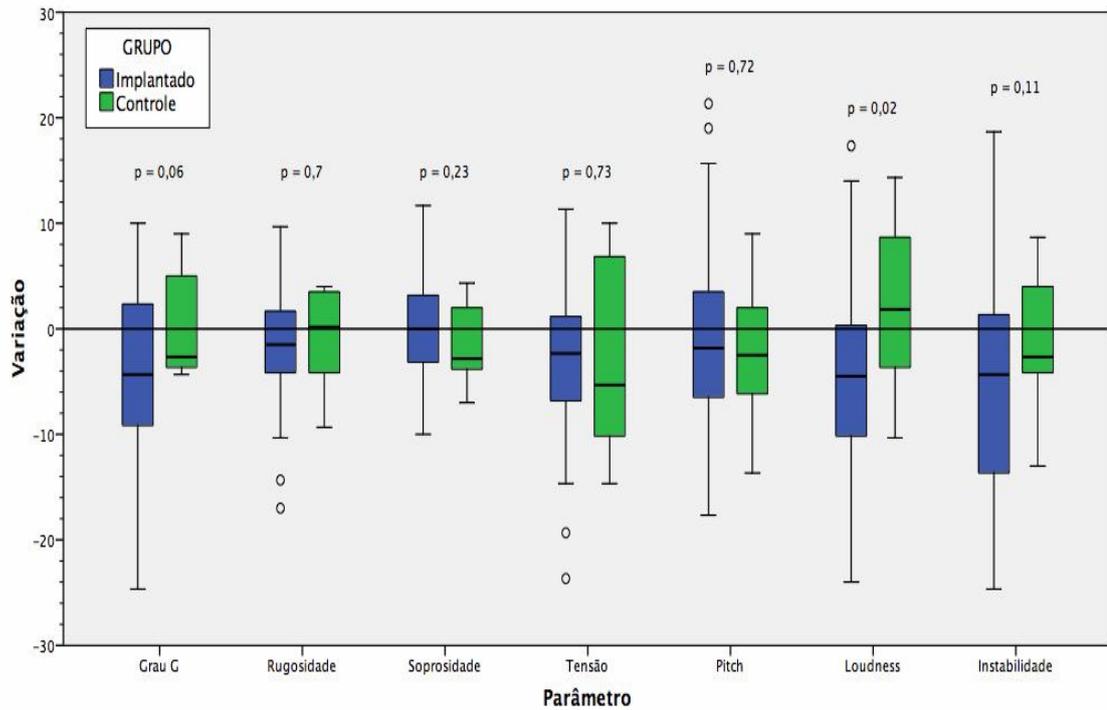


Figura 14 – *Box-plot* da variação dos resultados dos parâmetros vocais analisados pelos três juízes, na avaliação perceptivo-auditiva, nas situações pré e pós do grupo estudo e controle

Tabela 5 - Distribuição dos focos ressonanciais analisados pelos três juízes no grupo estudo em ambos os sexos, antes e após o IC

	SEXO MASCULINO		SEXO FEMININO	
	Pré IC N (%)	Pós IC N (%)	Pré IC N (%)	Pós IC N (%)
LF	6 (30)	11 (55)	9 (45)	9 (45)
<i>Cul-de-sac</i>	3 (15)	3 (15)	5 (25)	3 (15)
Hipernasal	5 (25)	4 (20)	4 (20)	2 (10)
Hiponasal	4 (20)	1(5)	0 (0)	0 (0)
Faríngea	1 (5)	0 (0)	1 (5)	1 (5)
Equilibrada	1 (5)	1 (5)	1 (5)	5 (25)

Legenda:

LF - laringo-faríngea

Tabela 6 - Distribuição dos focos ressonanciais analisados pelos três juízes no grupo controle em ambos os sexos, nos diferentes momentos de gravações

	SEXO MASCULINO		SEXO FEMININO	
	Pré N (%)	Pós N (%)	Pré N (%)	Pós N (%)
LF	2 (33,3)	2 (33,3)	2 (33,3)	2 (33,3)
<i>Cul-de-sac</i>	1 (16,6)	1 (16,6)	2 (33,3)	2 (33,3)
Hipernasal	2 (33,3)	2 (33,3)	2 (33,3)	2 (33,3)
Hiponasal	1 (16,6)	1 (16,6)	0 (0)	0 (0)
Faríngea	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
Equilibrada	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)

Legenda:

LF - laringo-faríngea

Tabela 7 - Média em Hertz (Hz) e desvio padrão (DP) dos parâmetros da análise acústica do gênero masculino e feminino do grupo estudo

GRUPO ESTUDO						
	MASCULINO			FEMININO		
	Pré IC Média (DP)	Pós IC Média (DP)	p	Pré IC Média (DP)	Pós IC Média (DP)	p
F0	139,1 (41,26)	130,9 (36,20)	0,03*	183,1 (35,56)	176,4 (30,12)	0,09
F1	680,0 (98,44)	659,0 (98,05)	0,05	800,5 (120,5)	806,7 (95,64)	0,74
F2	1.369,2 (94,55)	1.367,8 (119,74)	0,95	1.589,1 (133,0)	1.580,0 (109,0)	0,65
F3	2.470,7 (247,28)	2.474,3 (166,76)	0,91	2.579,1 (228,5)	2569,6 (222,7)	0,85
F0 /a/	154,2 (54,52)	148,1 (58,18)	0,21	206,1 (43,01)	199,9 (39,26)	0,44
vF0 /a/	29,0 (18,2-62,3)	17,7 (12,5-19,9)	<0,001*	45,2 (24,2-80,1)	19,5 (17,6-36,0)	0,005*

Legenda:

F0 – frequência fundamental, F1 – primeiro formante, F2 – segundo formante, F3 – terceiro formante, F0 /a/ – frequência fundamental da vogal sustentada /a/, vF0 /a/ – variabilidade da frequência fundamental da vogal sustentada /a/

(*) – resultado estatisticamente significativo – $p < 0,05$

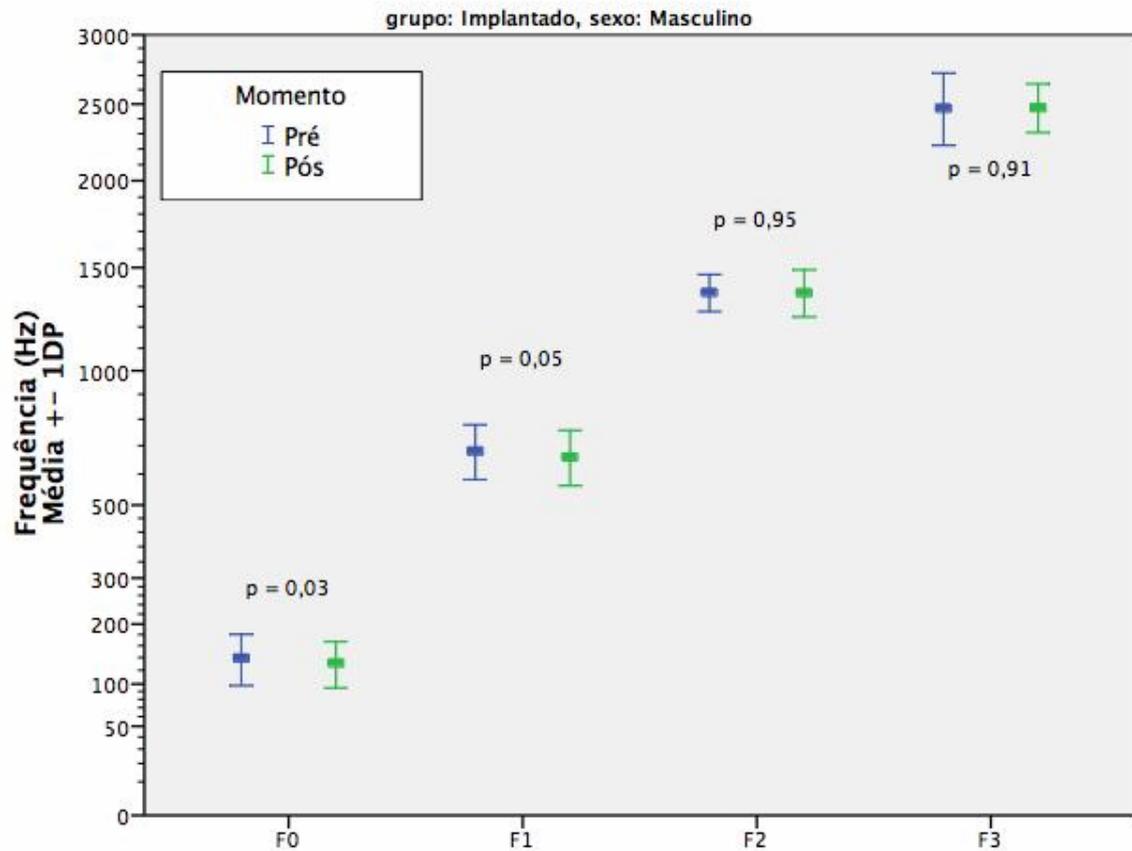


Figura 15 – Resultados da análise acústica da leitura de texto do sexo masculino do grupo estudado, nas situações pré e pós uso do IC.

Legenda:

F0 – frequência fundamental, F1 – primeiro formante, F2 – segundo formante, F3 – terceiro formante,
resultado estatisticamente significativo – $p < 0,05$

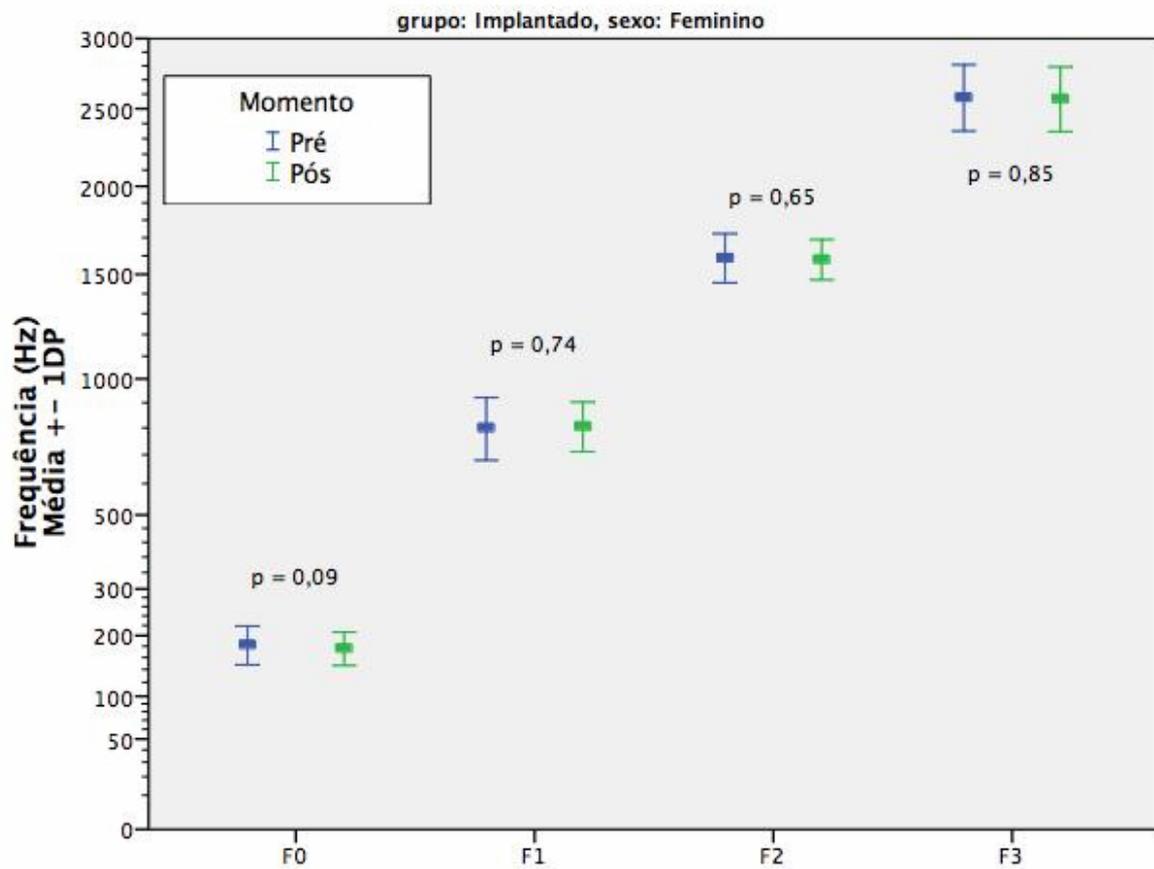


Figura 16 – Resultados da análise acústica da leitura de texto do sexo feminino do grupo estudo, nas situações pré e pós uso do IC

Legenda:

F0 – frequência fundamental, F1 – primeiro formante, F2 – segundo formante, F3 – terceiro formante,
resultado estatisticamente significativo – $p < 0,05$

Tabela 8 - Média em Hertz (Hz) e desvio padrão (DP) dos parâmetros da análise acústica do gênero masculino e feminino do grupo controle

GRUPO CONTROLE						
	MASCULINO			FEMININO		
	Pré Média (DP)	Pós Média (DP)	p	Pré Média (DP)	Pós Média (DP)	p
F0	115,1 (7,51)	117,9 (8,31)	0,24	175,1 (32,11)	168,6 (31,25)	<0,001
F1	692,0 (36,08)	690,0 (56,07)	0,93	836,6 (39,04)	833,2 (21,76)	0,80
F2	1.326,6 (78,77)	1.316,8 (81,77)	0,50	1.626,8 (55,96)	1.645,1 (110,36)	0,61
F3	2.374,7 (130,15)	2.341,6 (200,00)	0,60	2.576,2 (166,05)	2.664,5 (197,10)	0,02*
F0 /a/	114,9 (13,53)	122,5 (19,69)	0,17	204,7 (52,45)	195,7 (37,98)	0,23
VF0 /a/	18,0 (14,5-27,5)	26,5 (14,3-39,1)	0,08	36,0 (15,1-71,7)	31,2 (18,2-70,8)	0,75

Legenda:

F0 – frequência fundamental, F1 – primeiro formante, F2 – segundo formante, F3 – terceiro formante, F0 /a/ – frequência fundamental da vogal sustentada /a/, vF0 /a/ – variabilidade da frequência fundamental da vogal sustentada /a/

(*) – resultado estatisticamente significativo – $p < 0,05$

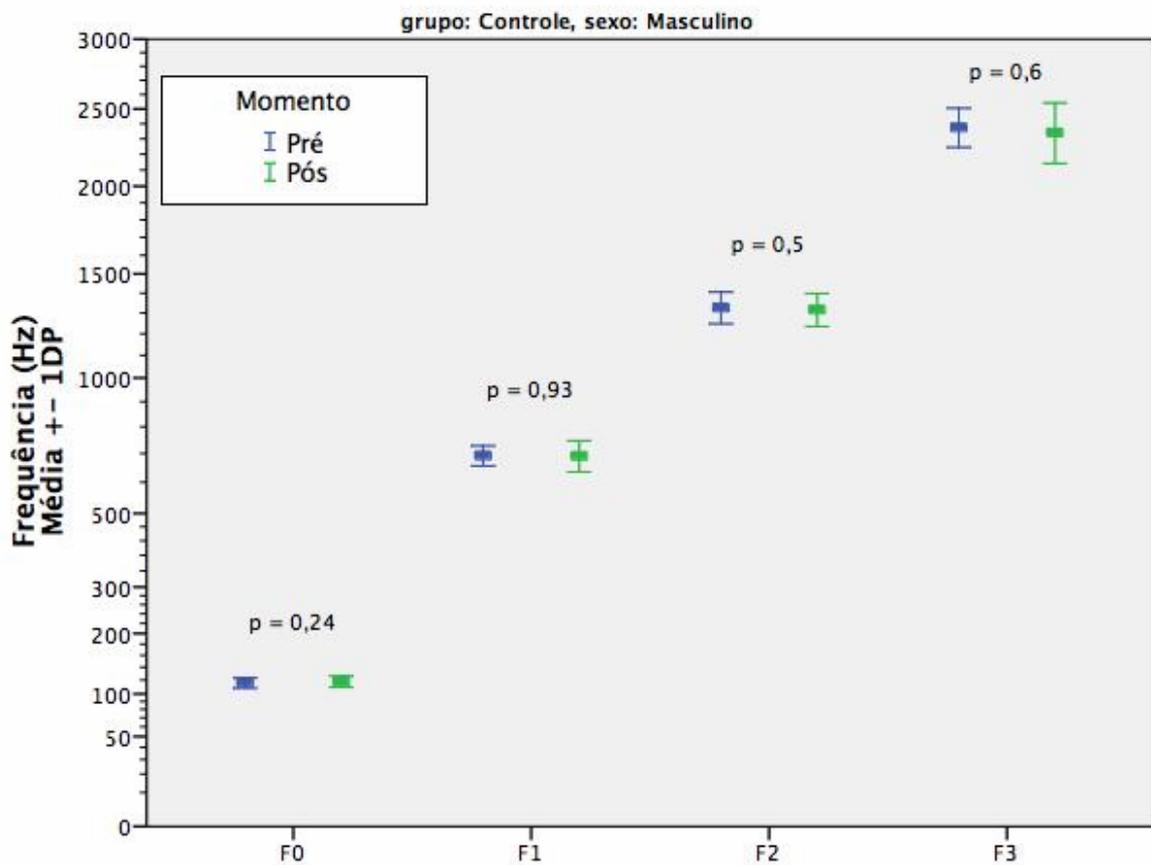


Figura 17 – Resultados da análise acústica da leitura de texto do sexo masculino do grupo controle, nos diferentes momentos de gravações

Legenda:

F0 – frequência fundamental, F1 – primeiro formante, F2 – segundo formante, F3 – terceiro formante,
resultado estatisticamente significativo – $p < 0,05$

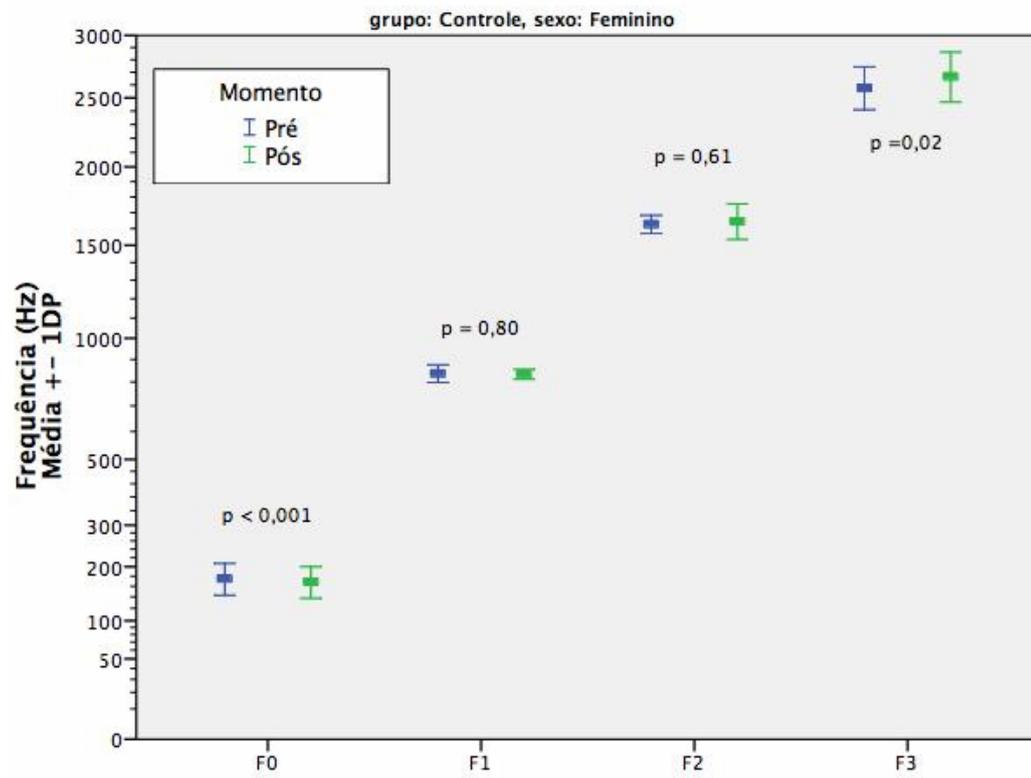


Figura 18 – Resultados da análise acústica da leitura de texto do sexo feminino do grupo controle, nos diferentes momentos de gravações

Legenda:

F0 – frequência fundamental, F1 – primeiro formante, F2 – segundo formante, F3 – terceiro formante, resultado estatisticamente significativo – $p < 0,05$

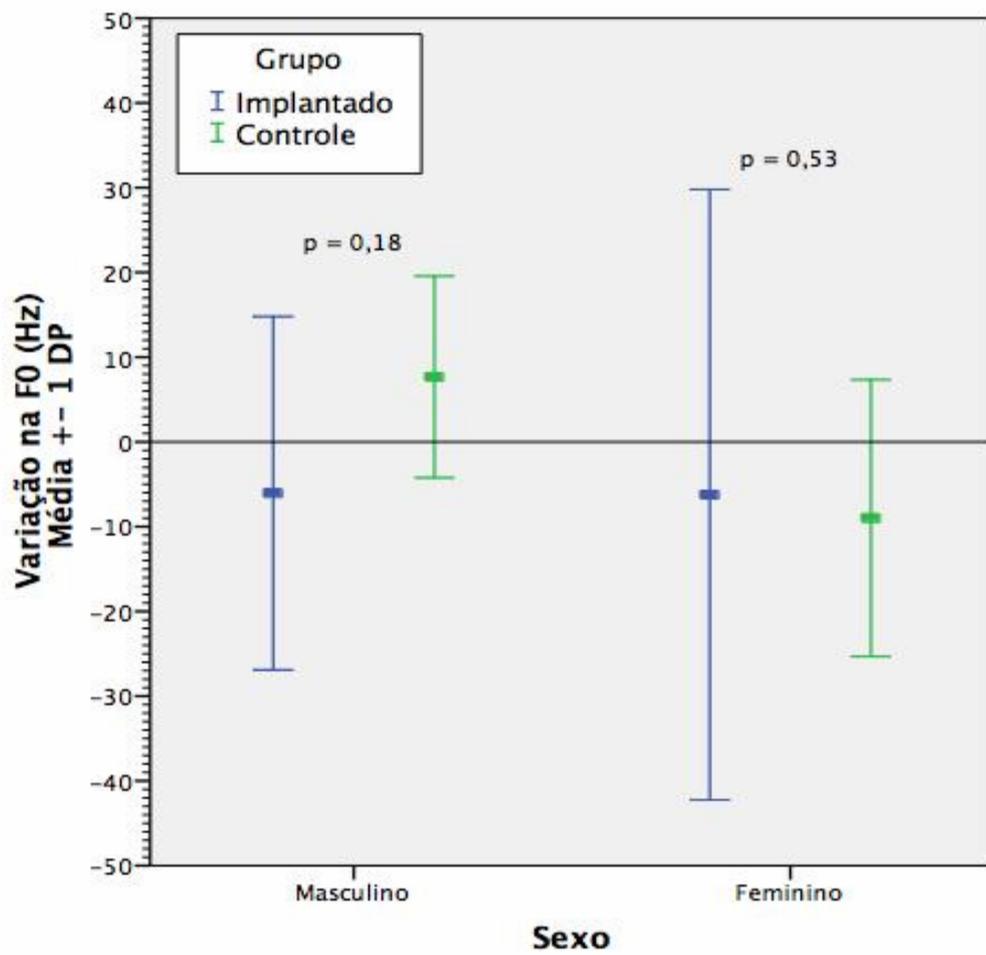


Figura 19 – Variação dos resultados de F0 da vogal sustentada /a/ obtidos nas situações pré e pós do grupo estudo e nos diferentes momentos de gravação do grupo controle, no sexo masculino e feminino

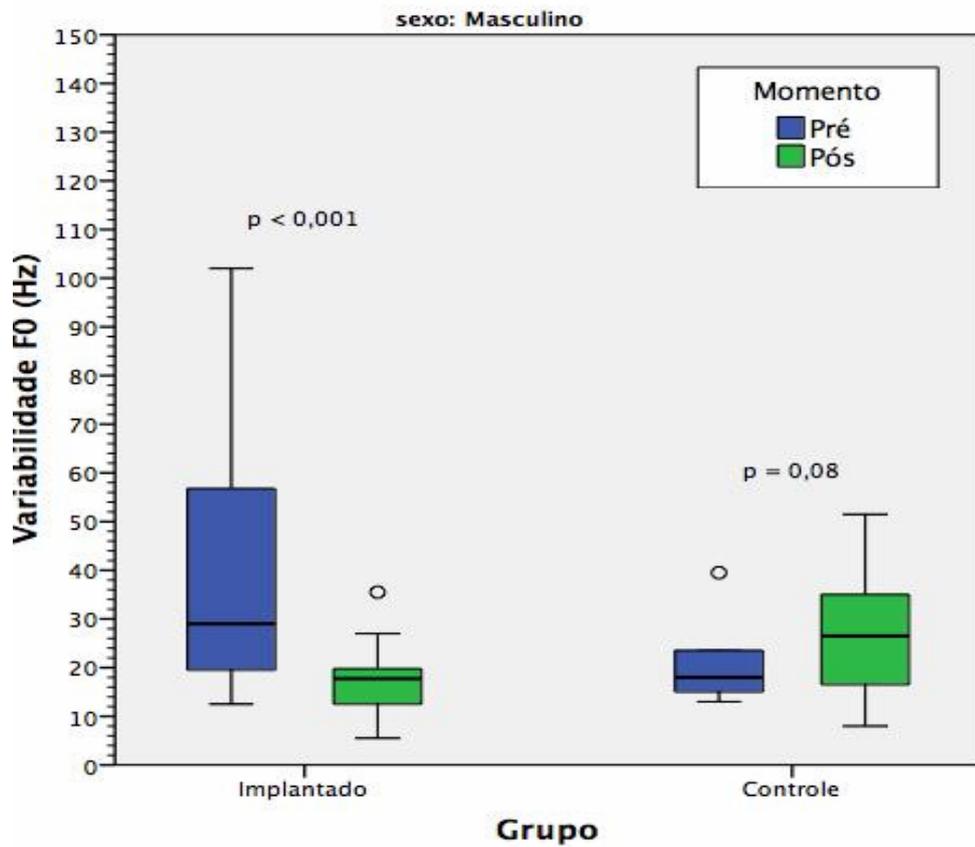


Figura 20 – Resultados da variabilidade da F0 vogal sustentada /a/ obtidos nas situações pré e pós do grupo estudo e nos diferentes momentos de gravação do grupo controle, no sexo masculino

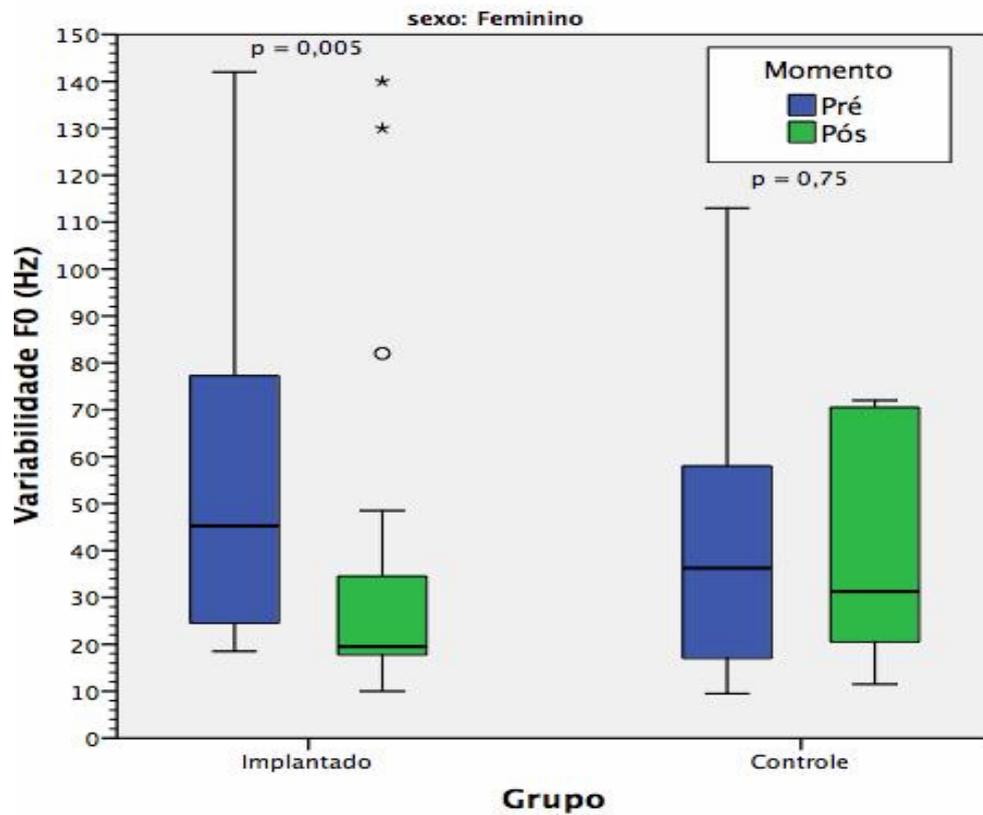


Figura 21 – Resultados da variabilidade da F0 vogal sustentada /a/ obtidos nas situações pré e pós do grupo estudo e nos diferentes momentos de gravação do grupo controle, no sexo feminino

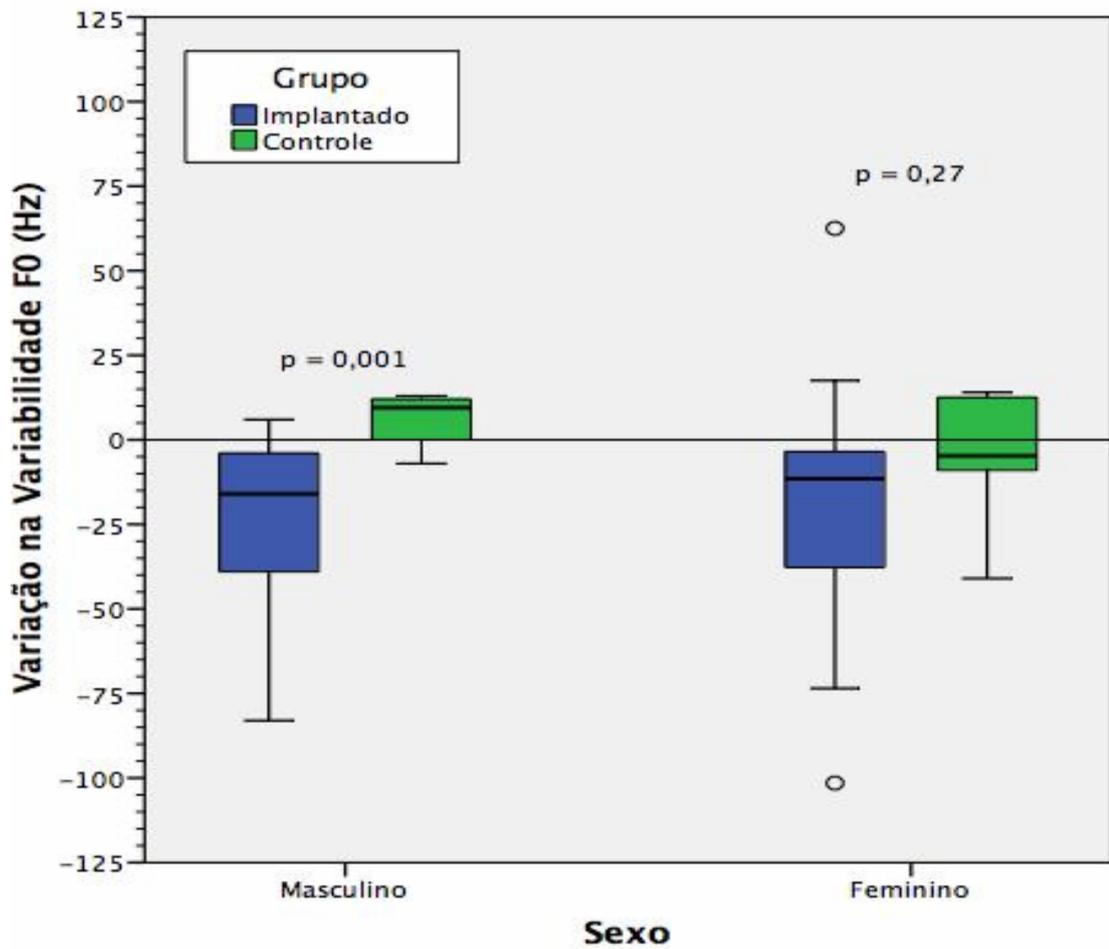


Figura 22 – Variação dos resultados da variabilidade na F0 vogal sustentada /a/ obtidos nas situações pré e pós do grupo estudo e nos diferentes momentos de gravação do grupo controle, no sexo masculino e feminino

5 Discussão

O IC promove sensação auditiva para indivíduos com surdez severa a profunda, promovendo *feedback* auditivo, contribuindo na velocidade de fala, intensidade e qualidade vocal (Iler & Edgerton, 1983). De fato, a qualidade vocal é o conjunto de características que identifica uma voz e na clínica fonoaudiológica, costuma ser medida por meio de escalas.

Entre as escalas mais conhecidas da avaliação perceptivo-auditiva e utilizadas na literatura internacional podemos destacar a GRBAS proposta por Hirano (1981), em que G representa *Grade*, R – *Rough*, B – *Breathy*, A – *Ashenic* e S – *Strain*. Essa avaliação perceptivo-auditiva da voz utiliza pontuação em intervalos iguais (exemplo: grau de desvio 0, 1, 2 e 3, correspondentes a uma alteração ausente, discreta, moderada e severa), tal estratégia é considerada limitada, pois o número de categorias pode ser restrito (Behlau, 2004).

Ampliando a análise dos parâmetros vocais, acrescentando os ajustes supralaríngeos (filtro), existe na literatura a proposta do modelo fonético para descrição da voz, intitulado Análise do Perfil Vocal (Laver, 1980) e recentemente o CAPE-V (Consenso da Avaliação Perceptivo-Auditiva da Voz), desenvolvido em 2003 por um grupo de fonoaudiólogos americanos especialistas em voz, que fazem parte da SID - 3 da ASHA (*Special Interest Division 3 – Voice and Voice Disorder, American Speech-Language and Hearing Association*). O CAPE-V utiliza a escala analógico-visual para a mensuração dos parâmetros vocais. A mesma costuma ser utilizada na

mensuração de fenômenos subjetivos e tem a finalidade de marcar a quantidade de sensação experienciada pelo avaliador no momento (Cline et al., 1992). Além disso, é um interessante recurso, mais sensível às pequenas diferenças nos desvios da qualidade vocal e na diferenciação de vozes normais e alteradas (Simberg et al., 2000). As escalas lineares oferecem uma opção de 100 postos de marcação e são consideradas menos tendenciosas. Dessa forma, temos o resultado da alteração vocal de forma objetiva e quantitativa, tornando a avaliação perceptivo-auditiva menos subjetiva na sua mensuração (Behlau, 2004).

Na avaliação perceptivo-auditiva do grupo estudo, em nossa pesquisa (tabela 1), podemos observar discreta redução do grau de alteração, com valores estatisticamente significantes, quando comparamos os momentos pré e pós 6 a 9 meses de uso do IC, dos seguintes parâmetros vocais: grau geral da voz, tensão, loudness e instabilidade.

Förner et al. (1997) referem que o esforço fonatório da voz do deficiente auditivo pode ser resultante do fluxo de ar e da pressão subglótica insuficientes, que perturbam a aerodinâmica da vibração das pregas vocais, levando a um esforço muscular maior que o normal e/ou um aumento da tensão vocal para produzir e manter a fonação.

No estudo de Monini et al. (1997), que avaliou cinco adultos pós-linguais e duas crianças antes e após cinco semanas de uso do IC, os resultados mostraram que a maioria dos pacientes, na condição ativada do IC apresentou melhor controle da intensidade de voz. Alguns dos estudos

que abordaram modificações da avaliação perceptivo-auditiva antes e depois do uso do IC datam da década de 80 (Kirk & Edgerton, 1983; Leder et al., 1987; Leder et al., 1987) em que se usavam basicamente outra tecnologia de implantes cocleares, dificultando a comparação dos nossos resultados.

Na avaliação perceptivo-auditiva do grupo controle (tabela 1), em que comparamos os resultados das gravações em diferentes momentos, podemos observar diferença com valor estatisticamente significativa apenas do parâmetro vocal *pitch*. Essa variação no *pitch* pode ser atribuída pela dificuldade do deficiente auditivo de controlar o padrão vocal na ausência de *feedback* auditivo, com variações vocais ao longo das amostras gravadas.

Em relação ainda à avaliação perceptivo-auditiva, também optamos por apresentar os resultados do grupo estudo e controle separados por gênero masculino e feminino, já que foram apresentados dessa forma nos resultados da análise acústica, considerando as particularidades quanto aos valores de F_0 , relacionada ao tamanho da laringe, das pregas vocais e da região do trato vocal.

Podemos observar que o gênero masculino do grupo estudo, não apresentou redução estatisticamente significativa do grau de alteração de nenhum dos parâmetros avaliados, apenas tendência estatística de redução da instabilidade; ao contrário do gênero feminino que apresentou modificações significantes nos parâmetros loudness e instabilidade, assim como tendência estatística de redução da tensão (Tabela 2, figuras 5 e 6). Ao verificarmos os mesmos parâmetros vocais, separando os indivíduos por

gêneros masculino e feminino do grupo controle, não foram encontrados resultados estatisticamente significantes (Tabela 3, figuras 7 e 8).

De acordo com os dados da caracterização da amostra quanto à idade e tempo da perda auditiva (descritos no capítulo método), houve similaridade na média de idade e do tempo de privação auditiva entre o número total de indivíduos do grupo estudo e controle. A média de idade e o tempo de privação auditiva entre os indivíduos do sexo masculino e feminino também são bastante semelhantes, demonstrando a homogeneidade entre os pacientes do grupo estudo. Dessa forma, nossos resultados não foram influenciados por diferenças nesses aspectos.

De acordo com os resultados da concordância das avaliações intra-juízes, quando comparados os 10% de repetição das vozes da avaliação perceptivo-auditiva (figuras 9 a 12), pudemos constatar que os juízes foram consistentes em suas análises, porém apresentaram um desvio padrão de 4,11 mm na marcação dos escores (tabela 4). Apesar de 4,11 mm ser um desvio considerado pequeno quando comparamos com a escala analógico-visual que é composta de 100 mm, devemos considerar a possibilidade de que os valores verificados de alteração no grau dos parâmetros vocais nas situações pré e pós CI do grupo estudo (em torno de 2 a 4 mm) podem ser inerentes a precisão do examinador (juiz) durante a análise das vozes, com exceção de instabilidade, que apresentou variação em torno de 6mm. Entretanto, também devemos considerar que os 10% de repetição representam apenas quatro indivíduos do grupo estudo (dois do sexo

masculino e dois do sexo feminino) e que a avaliação perceptivo-auditiva do grupo controle também foi realizada pelos mesmos juízes, com a mesma variação de precisão do examinador.

Também optamos por comparar a variação pré-pós dos resultados do grupo estudo e a variação pré-pós do grupo controle (figura 14). Não encontramos resultados estatisticamente significantes entre as diferenças encontradas nos dois grupos, com exceção da loudness. Esse resultado demonstra que o indivíduo com IC apresentou diferenças no controle da intensidade da voz em relação ao grupo controle, que não tem o feedback auditivo adequado. Nota-se também que a variação de resultados de grau geral da voz entre os dois grupos, demonstrou uma tendência à significância estatística.

As demais variações encontradas no grupo estudo, mas que não foram comprovadas ao serem confrontadas com o grupo controle podem ser consideradas variações próprias da voz do deficiente auditivo, não necessariamente pela presença do *feedback* auditivo, proporcionado pelo IC. Entretanto, o tamanho da amostra do grupo estudo foi devidamente calculado para que a significância estatística fosse evidenciada, e o grupo controle contou somente com 12 indivíduos. Essa diferença entre o número de indivíduos dos dois grupos pode ter sido a razão de alguns de nossos resultados em relação à variação do grupo estudo e controle, já que os resultados do grupo controle (seis indivíduos de cada gênero) podem ter ocorrido ao acaso.

Finalizando a avaliação perceptivo-auditiva, os três focos ressonantais mais classificados pelos juízes, no sexo masculino do grupo estudo na situação pré IC foram: laringo-faríngea, hipernasal e hiponasal, com aumento na classificação da ressonância laringo-faríngea com o uso de IC. No sexo feminino os três focos ressonantais mais classificados foram: laringo-faríngea, *cul-de-sac* e hipernasal, com redução dos indivíduos classificados com a ressonância *cul-de-sac* e hipernasal e aumento na classificação da ressonância equilibrada com o uso de IC (tabela 5).

Na avaliação do mesmo aspecto no grupo controle (tabela 6), para ambos os sexos, os três focos ressonantais mais classificados foram laringo-faríngea, *cul-de-sac* e hipernasal, sem modificações na classificação entre as gravações em diferentes momentos.

De acordo com Boone & McFarlane (1994) a produção vocal dos surdos é geralmente acompanhada pela alteração de ressonância faríngea excessiva do tipo *cul-de-sac*.

A hipernasalidade foi o desvio de ressonância mais significativo encontrado na fala de deficientes auditivos (Behlau et al., 2005) e pode ser atribuído pelo controle ineficiente do mecanismo velofaríngeo, como consequência da ausência de *feedback* auditivo da própria voz (Bommarito, 1996; Bonassi et al., 1998; Fletcher et al., 1999). Reduções de nasalidade após o uso de IC também foram observadas no estudo de Monini et al. (1997). A informação acústica derivada do IC pode efetivamente melhorar o controle velofaríngeo e diminuir a nasalidade (Lily et al., 2008).

Considerando a subjetividade da avaliação perceptivo-auditiva, também realizamos análise acústica das gravações das vozes. A avaliação acústica quantifica e realiza mensurações do sinal sonoro, analisando a voz de forma objetiva (Behlau et al., 2001).

A definição das características vocais relaciona-se com a frequência fundamental (F0) extraída por meio do primeiro harmônico e com os fatores dinâmicos da fala, como a transição de gestos que modificam uma posição articulatória em outra (Laver, 1980; Pinho, 1990).

Para uso clínico, um dos parâmetros mais importantes a serem analisados pela análise acústica é a F0 e seus índices de perturbação. A F0 é o resultado natural do comprimento das pregas vocais, das suas características biodinâmicas e de sua integração com a pressão subglótica. Os fatores que determinam a frequência fundamental de um indivíduo e sua variação são: comprimento natural das pregas vocais, o alongamento, massa em vibração e tensão envolvida (Behlau et al., 2001).

Os indivíduos adultos com deficiência auditiva severa a profunda pré-lingual podem apresentar um aumento da F0 média em decorrência da ausência de *feedback* acústico e da hiperfunção laríngea (Lejska, 2004).

Existem controvérsias na literatura no que se relaciona aos valores de F0 nos deficientes auditivos pós-linguais (Ball et al., 1990). A F0 pode apresentar-se aumentada em relação à normalidade, devido aos anos de privação auditiva, no entanto, os valores de F0 também podem mostrar-se próximos dos valores de normalidade para sexo e idade respectivos (Kishon-

Rabin et al., 1999). O grau de deteriorização de fala e voz pode variar substancialmente entre os indivíduos na ausência do controle auditivo (Iler & Edgerton, 1983). A laringe pode sofrer alterações funcionais, especialmente na ausência de processo de reabilitação (Hirderlink, et al., 1995).

De fato, em nosso estudo observamos valores de F0 elevados somente para o sexo masculino. Houve reduções nos valores de F0 após o uso do IC em ambos os sexos no grupo estudo, embora com reduções estatisticamente significantes apenas para o sexo masculino (tabela 7, figuras 15 e 16. Na análise dos parâmetros acústicos, o valor da média da F0 pode demonstrar-se elevado devido ao aumento da tensão das pregas vocais e do trato vocal, resultando em um fechamento glótico excessivo (Camargo, 1999). Foi observado em estudo anterior, em que o IC é desligado, aumento no valor de F0 em crianças. Os autores referem que na ausência do *feedback* auditivo, o falante apóia-se no *feedback* proprioceptivo, resultando no aumento da tensão das pregas vocais e como consequência na F0 (Poissant et al., 2006).

Nossos resultados demonstram que a F0 média dos adultos do sexo masculino do grupo estudo encontrava-se elevada (139,1 Hz) em relação à média de indivíduos Brasileiros do sexo masculino ouvintes (De Filippe et al., 2006), e mesmo com a redução do valor de F0 pós o uso de IC (130,9 Hz), os implantados mantiveram F0 elevada para a média dos indivíduos do mesmo sexo e idade. No sexo feminino o valor de F0 não se mostrou elevado (183,1 Hz) devido à deficiência auditiva em relação à média de

indivíduos Brasileiros do sexo feminino ouvintes (De Filippe et al., 2006; Teles & Rosinha, 2008), com redução após o uso do IC (176,4 Hz). Esses valores podem ser encontrados na variação de normalidade de mulheres Brasileiras ouvintes (Behlau et al., 1985).

Resultados semelhantes de redução da F0 em deficientes auditivos adultos pós-linguais após o uso do IC também foram encontrados em pesquisas anteriores (Leder et al., 1990; Szyfter et al., 1996; Monini et al., 1997; Kishon-Rabin et al., 1999; Hamzavi et al., 2000).

Em relação aos resultados de F0 do grupo controle em diferentes momentos de gravação (tabela 8, figuras 17 e 18), observa-se que os valores do sexo masculino foram bem próximos (115 Hz e 117 Hz), semelhantes à normalidade (De Filippe et al., 2006); ao contrário do sexo feminino que apresentou reduções no valor de F0 estatisticamente significantes (175 Hz e 168 Hz). Podemos justificar esse fato ao considerarmos modificações nas vozes femininas por variações hormonais, quando ao longo do mês a voz pode apresentar mudanças devido ao ciclo menstrual (Abitbol, et al., 1999).

As freqüências do sinal sonoro produzido na glote que são reforçadas na região supraglótica são designadas por formantes. A extensão total do trato vocal supraglótico é determinante nessas medidas. O alongamento do trato vocal diminui a freqüência de todos os formantes (Camargo, 1999).

As vogais são identificadas por seus formantes, que são as freqüências naturais de ressonância do trato vocal na posição articulatória

da vogal falada. Embora haja um número infinito de formantes, os três primeiros são os mais importantes para a identificação e descrição acústica das vogais. Esses valores podem variar consideravelmente de acordo com o sexo e a idade (Fant, 1970).

A disposição dos formantes no espectrograma tem relação direta com a conformação do trato vocal durante a produção do som analisado, especialmente com o posicionamento de lábios, língua, palato mole e mandíbula, além da conformação das cavidades oral e faríngea, pelas diversas mobilizações dos referidos articuladores (Pinho, Camargo 2001).

Em nossos resultados, com relação às frequências dos formantes, os indivíduos do sexo masculino e feminino do grupo estudo (tabela 7, figuras 15 e 16) apresentaram valores de F1, F2 e F3 semelhantes, ao compararmos as situações antes e depois do uso do IC, não caracterizando resultados estatisticamente significantes, entretanto observa-se uma tendência estatística de redução de F1 no sexo masculino. Os valores no sexo masculino do grupo controle também foram semelhantes ao compararmos as situações pré e pós, porém no sexo feminino obtivemos aumento estatisticamente significativo no valor de F3 (tabela 8, figuras 17 e 18). De acordo com Behlau (2001), o terceiro formante relaciona-se com o tamanho da cavidade situada imediatamente atrás dos incisivos centrais, ocorrendo aumento dessa medida acústica na situação de diminuição dessa cavidade durante a produção de fala.

Em pesquisas anteriores, foram observadas reduções dos valores de F1 da vogal /a/ em adultos pós-linguais (Kisho-Rabin et al., 1999) e de F1 das vogais /e/ no sexo feminino e masculino, e na vogal /o/ apenas no sexo masculino (Schenk et al., 2003). No entanto, em outros estudos mais recentes não foram encontradas modificações estatisticamente significantes nos valores de F1 e F2 em adultos pós-linguais (Hocevar-Boltezar et al., 2006; Hocevar-Boltezar et al., 2008).

Poucos estudos na literatura determinaram os valores médios dos formantes de homens e mulheres falantes do português Brasileiro. O mais completo trata-se da pesquisa de Monteiro (1995) que demonstra para o sexo masculino valores médios de 730 Hz, 1.273 Hz e 2.425 Hz e para o sexo feminino valores de 925 Hz, 1.767 Hz e 3.089 Hz para F1, F2 e F3 respectivamente. Nos resultados de nossa pesquisa, os valores obtidos dos deficientes auditivos no pré e pós uso do IC apresentara-se diminuídos em relação à normalidade (tabela 7).

A frequência do primeiro formante (F1) está relacionada à abertura de boca e à altura da língua durante a fala. A mesma autora refere que os deficientes auditivos apresentam instabilidade nos valores de F1, sugerindo dificuldade de manutenção do trato vocal numa mesma postura articulatória (postura de lábios, língua e mandíbula), interferindo na ressonância e nas medidas das frequências dos formantes (Pinho, 1990).

As medidas das frequências dos formantes são indicativas de mudanças no trato vocal, relacionadas com a articulação das vogais. Nos

deficientes auditivos, as vogais tendem a ser produzidas de forma menos clara, reduzindo o valor de F2 (Poissant et al., 2006).

O parâmetro de frequência do F2 está relacionado ao deslocamento antero-posterior da língua. Dessa forma, quando há anteriorização, o valor de F2 é maior, enquanto o valor menor de F2 indica a posteriorização da língua (Cukier & Camargo, 2005).

Também comparamos a variação dos resultados pré-pós do grupo estudo e a variação pré-pós do grupo controle em relação a análise acústica, quanto às medidas extraídas da vogal “a” da leitura de texto (F0, F1, F2, F3). Não foram encontrados resultados estatisticamente significantes no sexo masculino e feminino (figura 19).

Em relação aos resultados da vogal sustentada /a/, observamos redução nos valores de F0 no sexo masculino e feminino (tabela 7), assim como resultados estatisticamente significantes na redução da variabilidade em ambos os sexos do grupo estudo, ao contrário dos indivíduos do grupo controle quanto ao mesmo aspecto (figuras 20 e 21). Essa modificação nos valores de vF0 demonstram que com o apoio do *feedback* auditivo proporcionado pelo IC, os deficientes auditivos apresentaram melhor controle da própria voz, com menores variações de frequência ao longo da emissão da vogal sustentada. Em estudo anterior foi descrita grande variabilidade na voz de deficientes auditivos, pela dificuldade de controle da frequência fundamental (Lejska, 2004), entretanto, após o uso de IC não foi

observado reduções nos valores de vF0 em adultos (Hocevar-Boltezar et al., 2006).

Nota-se também que os valores de F0 na vogal sustentada do grupo estudo foram superiores em relação aos valores de F0 obtidos durante leitura de texto, nas situações pré e pós uso de IC (tabela 7). Esse achado também foi observado no estudo de Wong (2007). O mesmo ocorreu com os deficientes auditivos do grupo controle nos diferentes momentos de gravação (tabela 8). Podemos justificar esse fato devido à dificuldade que o deficiente auditivo apresenta em realizar emissão da vogal sustentada em seu tom e intensidade de voz habitual pela falta de percepção auditiva da própria voz, aumentando assim o valor de F0. Esse dado é bastante interessante para pensarmos na importância da extração de valores de F0 utilizando vogais de amostras de fala quando possível (nos casos de indivíduos com linguagem e fala desenvolvida), ao invés de utilizarmos vogais sustentadas, para que os valores se aproximem ao máximo da real frequência de voz do indivíduo surdo. Para tanto, as variações inerentes ao material de fala e as características de prosódia do texto utilizado, devem ser consideradas.

Ao compararmos a variação de resultados da variabilidade da F0 entre o grupo estudo e controle (figura 22), encontramos resultados estatisticamente significantes no sexo masculino, demonstrando que de fato o uso do IC favoreceu essa modificação nos valores de vF0, não ocorrendo o mesmo com o grupo controle que não tinha o uso do dispositivo. Não

foram observados os mesmos resultados na comparação da variação de resultados entre os dois grupos no sexo feminino.

De acordo com nossos resultados, observa-se modificações vocais em alguns parâmetros perceptivos e acústicos estudados: grau geral da voz, tensão, loudness, instabilidade, redução de valores de F0 e de sua variabilidade. Entretanto, na grande maioria dos resultados não foi possível demonstrar tais modificações ao compararmos as variações do grupo estudo com o grupo controle, com exceção da vF0 no sexo masculino. Esses resultados podem ser atribuídos ao número de indivíduos do grupo controle ser menor em relação ao grupo estudo. Acreditamos que seria interessante a realização de novos estudos com grupo controle (deficientes auditivos com as mesmas características sem uso do dispositivo de IC), buscando o mesmo número de indivíduos em ambos os grupos.

Podemos inferir pelos nossos resultados, que apenas o restabelecimento do *feedback* auditivo proporcionado pelo IC não seja o suficiente para que os indivíduos deficientes auditivos pós-linguais realizem ajustes vocais necessários na aproximação dos padrões de normalidade; especialmente os indivíduos que tiverem maior tempo de privação auditiva e como consequência maiores modificações vocais resultantes desta. Por essa razão, achamos imprescindível que seja considerada a necessidade de terapia fonoaudiológica vocal específica nos indivíduos deficientes auditivos após a cirurgia de implante coclear.

6 Conclusão

- Os deficientes auditivos adultos pós-linguais apresentaram modificações nos parâmetros perceptivo-auditivos, com discreta redução nos valores de grau geral da voz, tensão, *loudness* e instabilidade vocal, após o uso de IC.
- Os deficientes auditivos adultos pós-linguais apresentaram modificações nos parâmetros acústicos, com reduções nos valores da frequência fundamental no sexo masculino e de sua variabilidade na vogal sustentada /a/ em ambos os sexos, após o uso de IC.

7 Anexos

ANEXO 1 – Aprovação Comissão de Ética para Análise de Projetos de Pesquisa – CAPPesq – Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo



APROVAÇÃO

A Comissão de Ética para Análise de Projetos de Pesquisa - CAPPesq da Diretoria Clínica do Hospital das Clínicas e da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo, em sessão de 12.04.06, **APROVOU** o Protocolo de Pesquisa nº **138/06** intitulado: "Avaliação perceptivo-auditiva e análise acústica de deficientes auditivos usuários de implante coclear" apresentado pelo Departamento de **OFTALMOLOGIA E OTORRINOLARINGOLOGIA**, inclusive o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.

Cabe ao pesquisador elaborar e apresentar à CAPPesq, os relatórios parciais e final sobre a pesquisa (Resolução do Conselho Nacional de Saúde nº 196, de 10.10.1996, inciso IX. 2, letra "c").

Pesquisador(a) Responsável: *Sra. Maria Valéria Goffi Gomez*

CAPPesq, 12 de Abril de 2006.

PROF. DR. CLAUDIO LEONE
Vice-Presidente da Comissão de Ética para Análise
de Projetos de Pesquisa

ANEXO 2 – Termo de Consentimento Pós-Informação**HOSPITAL DAS CLÍNICAS**

DA

FACULDADE DE MEDICINA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

TERMO DE CONSENTIMENTO PÓS - INFORMAÇÃO

(Instruções para preenchimento no verso)

I - DADOS DE IDENTIFICAÇÃO DO SUJEITO DA PESQUISA OU RESPONSÁVEL LEGAL

1. NOME DO PACIENTE :

DOCUMENTO DE IDENTIDADE Nº : SEXO : .M F

DATA NASCIMENTO:/...../.....

ENDEREÇO Nº APTO:

BAIRRO:..... CIDADE.....

CEP:..... TELEFONE:DDD(.....).....

2. RESPONSÁVEL LEGAL.....

NATUREZA(grau de parentesco,tutor,curador etc.)

DOCUMENTO DE IDENTIDADE :.....SEXO: M F

DATA NASCIMENTO.:/...../.....

ENDEREÇO: Nº APTO:

BAIRRO:..... CIDADE:.....

CEP:..... TELEFONE:DDD(.....).....

II - DADOS SOBRE A PESQUISA CIENTÍFICA

1. TÍTULO DO PROTOCOLO DE PESQUISA :

“AVALIAÇÃO PERCEPTIVO-AUDITIVA E ANÁLISE ACÚSTICA DA VOZ EM DEFICIENTES AUDITIVOS PRÉ E PÓS CIRURGIA DE IMPLANTE COCLEAR”.

2. PESQUISADOR:

Maria Valéria Goffi Gomez

CARGO/FUNÇÃO: **Fonoaudióloga**
4264/SP

INSCRIÇÃO CONSELHO REGIONAL Nº

UNIDADE DO HCFMUSP: **Setor de Fonoaudiologia do Ambulatório de Otorrinolaringologia do HC**

3. AVALIAÇÃO DO RISCO DA PESQUISA:

SEM RISCO RISCO MÍNIMO RISCO MÉDIO
RISCO BAIXO RISCO MAIOR

(probabilidade de que o indivíduo sofra algum dano como consequência imediata ou tardia do estudo)

4. DURAÇÃO DA PESQUISA : **18 meses**

III - REGISTRO DAS EXPLICAÇÕES DO PESQUISADOR AO PACIENTE OU SEU REPRESENTANTE LEGAL SOBRE A PESQUISA, CONSIGNANDO:

1. justificativa e os objetivos da pesquisa ;
2. procedimentos que serão utilizados e propósitos, incluindo a identificação dos procedimentos que são experimentais;
3. desconfortos e riscos esperados;
4. benefícios que poderão ser obtidos;
5. procedimentos alternativos que possam ser vantajosos para o indivíduo.

Caro paciente,

Estamos iniciando um estudo com o objetivo de verificar as mudanças na voz de deficientes auditivos usuários de implante coclear. Gravaremos sua voz antes e depois da implantação do implante coclear para comparação dos resultados.

A gravação das vozes será realizada em um computador para posterior análise, que não acarreta nenhum incômodo.

Você também passará por um exame de laringe com o objetivo de verificar a normalidade de suas pregas vocais. Esse exame será realizado por um médico otorrinolaringologista e tem duração de dez minutos.

A sua identidade bem como a gravação da voz serão mantidos em sigilo.

O seu acompanhamento médico é independente da sua participação neste estudo, e seu atendimento não será prejudicado caso você não queira participar dele.

Sua participação é voluntária e você não receberá nenhuma remuneração ou benefícios.

Também poderá cancelar esta autorização a qualquer momento sem necessidade de justificar.

Este estudo não traz qualquer interferência ou prejuízo a sua saúde.

IV - ESCLARECIMENTOS DADOS PELO PESQUISADOR SOBRE GARANTIAS DO SUJEITO DA PESQUISA:

1. acesso, a qualquer tempo, às informações sobre procedimentos, riscos e benefícios relacionados à pesquisa, inclusive para dirimir eventuais dúvidas.
2. liberdade de retirar seu consentimento a qualquer momento e de deixar de participar do estudo, sem que isto traga prejuízo à continuidade da assistência.
3. salvaguarda da confidencialidade, sigilo e privacidade.
4. disponibilidade de assistência no HCFMUSP, por eventuais danos à saúde, decorrentes da pesquisa.
5. viabilidade de indenização por eventuais danos à saúde decorrentes da pesquisa.

V. INFORMAÇÕES DE NOMES, ENDEREÇOS E TELEFONES DOS RESPONSÁVEIS PELO ACOMPANHAMENTO DA PESQUISA, PARA CONTATO EM CASO DE INTERCORRÊNCIAS CLÍNICAS E REAÇÕES ADVERSAS.

VI. OBSERVAÇÕES COMPLEMENTARES:

VII - CONSENTIMENTO PÓS-ESCLARECIDO

Declaro que, após convenientemente esclarecido pelo pesquisador e ter entendido o que me foi explicado, consinto em participar do presente Protocolo de Pesquisa

São Paulo, de de 20 .

assinatura do sujeito da pesquisa ou responsável legal

assinatura do pesquisador
(carimbo ou nome Legível)

Uso de AASI: Sim () Não () Há quanto tempo ? _____

Modelo/ Marca: _____

Uso de IC: Sim () Não () Há quanto tempo ? _____

Já fez ou faz fonoterapia: Sim () Não () Há quanto tempo ? _____

Frequência por semana: _____

Já teve alteração na voz? Sim () Não () _____

Já fez fono para melhorar a voz? Sim () Não () _____

Já operou a laringe alguma vez? Sim () Não () _____

Possui mal formação na laringe? Sim () Não () _____

Possui mal formação labiopalatais? Sim () Não () _____

Possui alteração neurológica ou do SNC? Sim () Não () _____

Possui queixas quanto a produção vocal ou uso da voz ? Sim () Não ()

() rouquidão () voz muito grossa () voz muito fina

() soprosidade () intensidade fraca () intensidade forte

() perda da voz () dor ao falar () cansaço ao falar

() sensação que falta o ar () dificuldade de ser entendido/repetição

() outros _____

Observações: _____

ANEXO 4 – Protocolo gravação de voz

FONOAUDIOLOGIA
HOSPITAL DAS CLÍNICAS DA FMUSP

3

(ANEXO 4)

GRAVAÇÃO DA VOZ:

- TMF: /a/ _____ /a/ _____
- Frases CAPE-V:
 1. Érika tomou suco de pêra e amora
 2. Sônia sabe sambar sozinha
 3. Olha lá o avião azul
 4. Agora é hora de acabar
 5. Minha mãe namorou um anjo
 6. Papai trouxe pipoca quente
- Leitura de texto:

LI UMA ALEGORIA DE UM JOVEM NOBRE, ABORDANDO A VIAGEM DE UMA AVE NA ÍNDIA. A LÍDER DAS AVES É UMA BELA E ANIMADA ARARA. É A RAINHA E NINGUÉM DUVIDA DA REALEZA DELA. REINA, VENERADA NA REGIÃO DO VALE DOURADO. A ARARA EXIBIU OS DONS MARAVILHOSOS A ELA DOADOS E ORIGINADOS DE UM DOM DIVINO. AOS BRADOS DIZ: VAMOS DOMINAR O ÓDIO E GANHAR O REINO DE DEUS AMADO.

DIVULGA ÀS DEMAIS AVES AS VERDADES E MISÉRIAS DA VIDA E JULGA A MAIORIA DOS INIMIGOS DOS VALORES MORAIS DE MANEIRA ARDOROSA. DIZ ÀS AVES DA ÁRDUA JORNADA AOS VALES DO AMOR, DA HUMILDADE E DA NOBREZA E GANHA ALIADOS VALOROSOS. ELA AINDA VERBALIZAVA E JÁ FORMAS ALADAS VOAVAM MIRANDO O IDEAL DE VIDA A ELAS DIVULGADO. BASEADAS EM NOVOS VALORES AJUDARAM UMAS AS OUTRAS DE VERDADE E GANHARAM O GALARDÃO REAL, BANHADO EM OURO.

ANEXO 5 – CAPE-V

Consensus Auditory

PROTOCOLO CAPE-V:

CONSENSO DA AVALIAÇÃO PERCEPTIVO AUDITIVA DA VOZ – ASHA 2003, SID3

Nome: _____ Data: _____

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

- 1) Vogal sustentada com 3 a 5 segundos
- 2) Produção das seguintes sentenças:
 - a) Érica tomou suco de pêra e amora.
 - b) Sonia sabe sambar sozinha.
 - c) Olha lá o avião azul.
 - d) Agora é hora de acabar.
 - e) Minha mãe namorou um anjo.
 - f) Papai trouxe pipoca quente.
- 3) Fala espontânea, com os seguintes conteúdos: " Fale-me sobre o seu problema de voz" ou " Diga-me como está a sua voz".

Legenda: C = consistente I = Intermitente

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

Comentários sobre ressonância: NORMAL OUTRA (descreva): _____

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

Clínico: _____

8 Referências

Allegro J, Papsin BC, Harrison RV, Campisi P. Acoustic analysis of voice in cochlear implant recipients with post-meningitic hearing loss. *Cochlear Implants Int.* 2009. Published Online in Wiley InterScience (www.interscience.wiley.com): DOI: 10.1002/cii.417.

Abitbol J, Abitbol P, Abitbol B. Sex hormones and female voice. *J Voice.* 1999;13(3): 424-446.

Armitage P, Berry G. The planning of statistical investigations. In: *Statistical methods in medical research.* 2.ed. Oxford: Blackwell; 1987. p.179-85.

ASHA. Consensus Auditory-Perceptual Evaluation of Voice (CAPE-V). Sponsored by American Speech-Language-Hearing Association's Division 3: Voice and Voice Disorders, Department of Communication Science and Disorders, University of Pittsburgh. June 10-11, 2002. [Cited 2003 Aug 12] Available from: www.asha.org.

Ball V, Faulkner A, Fourcin A. The effects of two different speech-coding strategies on voice fundamental frequency control in deafened adults. *Br J Audiol.* 1990; 24: 393-409.

Behlau M, Tosi O, Pontes P. Determination of the basic frequency and its variations in height (jitter) and intensity (shimmer), for Brazilian Portuguese speaking subjects. *Acta Awho.* 1985; 4(1): 5-10.

Behlau M. Consensus Auditory – Perceptual Evaluation of Voice (CAPE-V). Rev Soc Bras Fonoaudiol. 2004; 9(3): 187-189.

Behlau M, Madazio G, Feijó D, Pontes P. Avaliação de Voz. In: Behlau, M.S. (Org). O livro do especialista I. Ed. Revinter. 2001. São Paulo.

Behlau M, Thomé R, Azevedo R, Rehder MI, Thomé DC. Disfonias orgânicas congênitas. In: Behlau, M.S. (Org) O livro do especialista vol. II. Ed. Revinter. 2005. São Paulo.

Bento RF, Neto RB, Castilho AM, Goffi-Gomez MVS, Giorgi SB, Guedes MC. Resultados auditivos com o implante coclear em pacientes submetidos a cirurgia no Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo. Rev Bras Otorrinolaringol. 2004; 7(5): 632-637.

Bommarito S, Behlau M. Ocorrência de muda vocal em deficientes auditivos: análise perceptivo-auditiva acústica da frequência fundamental. Monografia (especialização). São Paulo: Centro de estudos da Voz (CEV); 1996.

Bonassi P, Trindade IEK, Trindade AS. Avaliação nasométrica da ressonância da fala de deficientes auditivos adultos. Acta AWHO. 1998; 17(2): 77-83.

Boone D, McFarlane S. The voice and voice therapy. 4 ed. New Englewood Cliffs. New Jersey: Pentice Hall; 1994. 244 p.

Bland JM, Altman DG. Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. *Lancet*. 1986; 1(8476): 307-310.

Bland JM, Altman DG. Comparing methods of measurement: why plotting difference against standard method is misleading. *Lancet*. 1995; 346(8982): 1085-1087.

Camargo Z. Da fonação à articulação: princípios fisiológicos e acústicos. *Fonoaudiol Bras*. 1999; (2): 14-19.

Camargo ZA. Análise da qualidade vocal de um grupo de indivíduos disfônicos: uma abordagem interpretativa e integrada de dados de natureza acústica, perceptiva e eletroglotográfica. [tese]. São Paulo: Pontifícia Universidade Católica de São Paulo; 2002.

Campisi P, Low A, Papsin B, Mount R, Cohen-Kerem R, Harrison R. Acoustic analysis of the voice in pediatric cochlear implant recipients: a longitudinal study. *Laryngoscope*. 2005; 115 (6): 1046-1050.

Coelho ACC, Bevilacqua MC, Oliveira G, Behlau M. Relação entre voz e percepção de fala em crianças com implante coclear. *Pró-Fono*. 2009; 27(1): 7-12.

Cukier S, Camargo Z. Abordagem da qualidade vocal em um falante com deficiência auditiva: Aspectos acústicos relevantes do sinal de fala. Rev Cefac, 2005; 7(1): 93-101.

Cline ME, Herman J, Shaw ER, Morton RD. Standardization of the visual analogue scale. Nurs Res. 1992; 41(6): 378-80.

De Filippe ACN, Grillo MHMM, Grechi TH. Normatização de medidas acústicas para vozes normais. Rev Bras Otorrinolaringol. 2006; 72(5): 659-664.

Evans MK, Deliyski DD. Acoustic voice analysis of prelingually deaf adults before and after cochlear implantation. J Voice. 2007; 21(6): 669-682.

Fant G. Acoustic theory of speech production. 2 edição. Paris: Mouton; 1970.

Forner LL, Hixon TJ. Respiratory kinematics in profoundly hearing impaired speakers. J Speech Hear Res. 1977; 20(2): 373-408.

Fletcher SG, Mahfuzh F, Hendarmin H. Nasalance in the speech of children with normal hearing and children with hearing loss. Am J Speech Lang Pathol 1999; 8: 241-248.

Goffi-Gomez MVS, Guedes MC, Sant'Anna SBG, Peralta CGO, Tsuji RK, Castilho AM, Brito Neto RV, Bento RF. Critérios de seleção e avaliação médica e audiológica dos candidatos ao implante coclear: Protocolo HC-FMUSP. *Arq Fund Otorrinolaringol*. 2004; 8(4): 303-323.

Hamzavi J, Deutsch W, Baumgartner WD, Denk DM, Adunka O, Gstoeitner W. Cochlear implantation and auditory feedback. *Wien Lin Wochenschr*. 2000; 112 (11): 515-518.

Hirano M. *Clinical examination of voice*. Viena: Springer – Verlag; 1981.

Hirderlink JB, Mens LHM, Brok JPL, Van den Brock P. Performance of prelingually and postlingually deaf patients using single channel or multichannel cochlear implant. *Laryngoscope*. 1995; 105: 618-622.

Hocevar-Boltezar I, Vatovec J, Gros A, Zargi M. The influence of cochlear implantation on some voice parameters. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol*. 2005; 69 (12): 1635-1640.

Hocevar-Boltezar I, Radsel Z, Vatovec J, Geczy B, Cernelc S, Gros A, Zupancic J, Battelino S, Lavrencak B, Zargi M. Change of phonation control after cochlear implantation. *Otol Neurotol*. 2006; 27: 499-503.

Hocevar-Boltezar I, Boltezar M, Zargi M. The influence of cochlear implantation on vowel articulation. *Wien Klin Wochenschr.* 2008; 120/7-8: 228-233.

Iler KK, Edgerton BJ. The effects of cochlear implant use on voice parameters. *Otolaryngol Clin North Am.* 1983; 16: 281-292.

Kirk IK, Edgerton BJ. The effects of cochlear implant use on voice parameters. *Otolaryngol Clin North Am.* 1983;16 (1): 281-292.

Kishon-Rabin L, Taitelbaum R, Tobin Y, Hildesheimer. The effect of partially restored hearing on speech production of postlingually deafened adults with multichannel cochlear implants. *J Acoust Soc Am.* 1999;106 (5): 2843-2857.

Lane H, Webster JW. Speech deterioration in postlingually deafened adults. *J Acoust Soc Am.* 1991;89(2):859-866.

Laver J. The phonetic description of voice quality. New York: Cambridge University Press; 1980.

Leder SB, Spitzer JB, Kirchnner JC. Immediate effects of cochlear implantation on voice quality. *Arch Otorhinolaryngol.* 1987; 244(2): 93-95.

Leder SB, Spitzer JB, Milner P, Flevaris-Phillips C, Kirchnner JC, Richardson F. Voice intensity of prospective cochlear implant candidates and normal hearing adults males. *Laryngoscope*. 1987; 97(2): 224-227.

Leder SB, Spitzer JB. Longitudinal effects of single-channel cochlear implantation on voice quality. *Laryngoscope*. 1990; 100: 395-398.

Lejska M. Voice field measurements: a new methods of examination: the influence of hearing on the human voice. *J Voice*. 2004; 18(2): 209-215.

Lily HPN, Allegro J, Low A, Blake P, Campisi P. Effect of cochlear implantation on nasality in children. *Ear Nose Throat J*. 2008; 87(3): 138-143.

Monini S, Banci G, Bárbara M, Argiro MT, Filippo R. Clarion Cochlear implant: short-term effects on voice parameters. *Am J Otol*. 1997; 18: 719-725.

Monsen RB, Engebretson AM, Vemula NR. Some effects of deafness on the generation of voice. *J Acoust Soc Am*. 1979; 66: 65-80.

Monteiro MC. Uma análise computadorizada espectrográfica dos formantes das vogais orais do português Brasileiro falado em São Paulo. Monografia–Especialização. São Paulo: Universidade Federal de São Paulo; 1995.

Pan T, Ma F, Cao K, Song W, Wei C, Cui W. The changes of fundamental frequency and formants of vowel in cochlear implant pre-lingual children of different age. *Lin Chuang Er Bi Yan Hou Ke Za Zhi*. 2005; 19(4): 145-148.

Pinho SR. Proposta de avaliação da voz no deficiente auditivo. *Pró-Fono*. 1990; 2(1): 17-19.

Pinho SMR, Camargo Z. Introdução á análise acústica da voz e da fala. In: Pinho S.M.R (Org.). *Tópicos em Voz*. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan; 2001.

Poissant SF, Peters KA, Robb MP. Acoustic and perceptual appraisal of speech production in pediatric cochlear implants users. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol*. 2006; 70: 1195-1203.

Ramos SM. Voz e fala do deficiente auditivo. In: Ferreira L.P, Befi-Lopes D.M, Limongi S.C.O (Org.) *Tratado de Fonoaudiologia*. 1. Ed. São Paulo: Roca; 2004.

Seifert E, Oswald M, Bruns U, Vischer M, Kompis M, Haeusler R. Changes of voice and articulation in children with cochlear implants. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol*. 2002; 66: 115-123.

Simberg S, Laine A, Sala E, Ronnema AM. Prevalence of voice disorders among future teachers. *J Voice*. 2000; 14: 231-35.

Schenk BS, Baumgartner WD, Hamzavi JS. Changes in vowel quality after cochlear implantation. *J Otorhinolaryngol.* 2003;65 (3):184-188.

Szyfter W, Pruszeuics A, Woznica, B., Swidzinski P., Szymiec E, Karlik M. The acoustic analysis of voice in patients with multi-channel cochlear implant. *Rev Laryngol Otol Rhinol.* 1996; 117 (3): 225-227.

Teles VC, Rosinha CU. Análise acústica dos formantes e das medidas de perturbação do sinal sonoro em mulheres sem queixas vocais, não fumantes e não etilista. *Arq Fund Otorrinolaringol.* 2008; 12(4): 523-530

Tobey EA, Geers AE, Brenner C, Altuna D, Gabbert G. Factors associated with development of speech production skills in children implanted by age five. *Ear Hear.* 2003; 24 (1 Suppl): 36S-45S.

Tonisi G. Caracterização da voz da criança deficiente auditiva usuária de implante coclear. Dissertação Mestrado. São Paulo: Pontifícia Universidade Católica de São Paulo - PUC-SP; 2002.

Ubrig-Zancanella MT, Cunha MGB, Goffi-Gomez MVS. Avaliação perceptivo-auditiva e acústica pré e pós cirurgia de implante coclear: estudo piloto. In: *Anais XVI Congresso Brasileiro de Fonoaudiologia e VIII Congresso Internacional de Fonoaudiologia*; 2008 set; Campos de Jordão.

Waldstein R. Effect of postlingual deafness on speech production: implication for the role of auditory feedback. *J Acoust Soc Am.* 1990; 88: 2099-2114.

Wong PCM. Changes in speech production in an early deafened adult with a cochlear implant. *Int J Lang Comm Dis.* 2007; 42(4): 387-405.

Zemlin W. *Princípios de anatomia e fisiologia em fonoaudiologia.* 4a. Ed. Porto Alegre: Artmed; 2000.