

**GISLAINE FERRO CORDEIRO**

**Análise comparativa da amplitude de vibração das pregas vocais e do  
coeficiente de contato durante a emissão da vogal /ε/ prolongada e  
vibração sonorizada de lábios e língua**

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

Programa de: Otorrinolaringologia

Orientador: Prof. Dr. Domingos Hiroshi Tsuji

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

Cordeiro, Gislaine Ferro

Análise comparativa da amplitude de vibração das pregas vocais e do coeficiente de contato durante a emissão da vogal /ε/ prolongada e vibração sonorizada de lábios e língua / Gislaine Ferro Cordeiro. -- São Paulo, 2010.

Dissertação(mestrado)--Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo.  
Programa de Otorrinolaringologia.

Orientador: Domingos Hiroshi Tsuji.

Descritores: 1.Qualidade da voz 2.Treinamento da voz 3.Voz 4.Fonação  
5.Estroboscopia 6.Laringoscopia 7.Mucosa laríngea

## Dedicatória

*Àquele que permitiu minha entrada e que permite  
minha saída. Receba esse trabalho como fruto de  
louvor e adoração.*

## **Agradecimentos**

Ao **Dr. Domingos Hiroshi Tsuji**, orientador, mestre e amigo. Obrigada pelo carinho e apoio sempre presentes. Sua capacidade de liderança me fez crescer nas áreas profissional, acadêmica e pessoal.

Ao **Dr. Luis Ubirajara Sennes**, Coordenador do curso de pós-graduação em Otorrinolaringologia da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo, pelo empenho em fazer esse programa ser cada vez mais reconhecido. Agradeço também pelos comentários e sugestões trazidos no exame de qualificação.

Ao Engenheiro **Dr. Arlindo Neto Montagnoli**, professor de Engenharia Elétrica da Universidade Federal de São Carlos, pela criação dos softwares de extração de medida da amplitude das pregas vocais e também pela paciência e orientação técnica nos momentos de desespero.

A professora de voz **Dra. Kátia Nemr** pelos momentos de mentoria. Agradeço pelo incentivo, conselhos e apoio. Você é muito querida e, para mim, te conhecer foi muito valioso.

Ao **Dr. Rui Imamura** pela integridade e também pelos comentários e sugestões inteligentes. O contato com você nos faz desenvolver várias habilidades.

À **Dra. Sílvia Pinho** pelos conceitos ensinados na área da fonoaudiologia e também pela idéia deste trabalho.

À **Dra. Zuleica Camargo** e à sua assistente **Fga. Maria Augusta Svicero** pela gravação das vozes na eletroglotografia.

Ao Engenheiro **Dr. Maurílio Nunes Vieira** pela autorização do uso do software *delay0bat* para análise eletroglotográfica.

Às minhas amigas fonoaudiólogas **Dra. Márcia Menezes**, **Maysa Ubrig Zancanella** e **Maria Gabriela Cunha**, pelo companheirismo, disponibilidade e trabalho em equipe, que foram fundamentais para a execução desse trabalho. Vocês fazem parte da minha vida. Obrigada pela sua amizade e carinho.

À **Fga. Sabrina Cukier Blaj** pelo auxílio na análise das ondas eletroglotográficas.

Aos otorrinolaringologistas **Dra. Saramira Bohadana**, **Dra. Adriana Hachya** e **Dr. Ronaldo Frizzarini** pela amizade e apoio.

Às funcionárias da pós-graduação **Marileide**, **Luci** e **Márcia** pela eficiência e disponibilidade

À professora de canto e amiga **Márcia Guimarães** pela confiança, amizade e incentivo na fonoaudiologia.

Aos cantores participantes da pesquisa.

Ao meu marido **Flávio Sasano Cordeiro** que me aconselha e apoia incondicionalmente. Se não fosse por você não conseguiria terminar mais essa etapa da minha vida. Quero dizer que te amo e que sou muito feliz ao seu lado.

Aos meus filhos **Pedro Ferro Cordeiro** e **Helena Ferro Cordeiro** pelos momentos de alegria nas horas mais difíceis. Espero que meu dia-a-dia possa servir de exemplo para que vocês se tornem boas pessoas e bons profissionais.

Aos meus pais **Claudinet Ferro Peres** e **Marilice Cardoso Ferro** por me ensinarem a ser ética e persistente.

Aos meus sogros **Dilson José de Assis Cordeiro** e **Masayo Cordeiro** por se preocuparem. Sei que posso contar com vocês sempre que precisar.

Às minhas irmãs queridas **Audrea Regina Ferro Lara** e **Adriana Ferro de Souza** por sentirem por mim os diversos tipos de emoções durante a execução desse trabalho.

Ao **Cássio, Fabiana** e **Henrique Cordeiro** pela distração nos encontros de sexta-feira, fins de semana e nas viagens divertidas.

Aos meus cunhados **Marco** e **Marcelo** e aos meus sobrinhos **Gabriel, Davi, Rebeca, Samuel, Daniel** e **Marco André** pelo carinho.

À **Sandra Betti** por me mostrar e ensinar várias habilidades, além de me mostrar vários caminhos e alternativas. Você é muito sábia e seus conselhos são muito assertivos. Obrigada por ser minha mentora e também por me deixar ficar ao seu lado.

À **Rosana D'Orio** por ser minha coache num momento crucial da minha carreira. Você me ajudou a lidar muito melhor com os acontecimentos do dia a dia profissional.

À **CAPS** pelo apoio financeiro.

## NORMALIZAÇÃO ADOTADA

Esta dissertação ou tese 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 Anneliese 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 e Documentação; 2005.

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

|                                  |  |
|----------------------------------|--|
| Sumário                          |  |
| Lista de figuras                 |  |
| Lista de tabelas                 |  |
| Lista de abreviaturas e símbolos |  |
| Resumo                           |  |
| Summary                          |  |
| Instructions for contributors    |  |
| Artigo                           |  |

|   |    |
|---|----|
| INTRODUÇÃO .....  | 2  |
| OBJETIVOS .....   | 6  |
| REVISÃO DE LITERATURA.....  | 8  |
| <b>3.1. Considerações relevantes sobre a fonação:</b> .....       | 9  |
| <b>3.1.1. Teoria Fonte-Filtro</b> .....                           | 9  |
| <b>3.1.1.1 Fonte: teorias da produção vocal</b> .....             | 10 |
| <b>3.1.1.2 Filtro:</b> .....                                      | 12 |
| <b>3.1.2 Interação Fonte-Filtro</b> .....                         | 13 |
| <b>3.2 Treinamento vocal:</b> .....                               | 15 |
| <b>3.2.1 Exercícios de vibração:</b> .....                        | 17 |
| CASUÍSTICA E MÉTODO .....   | 21 |
| <b>4.1 Aspectos éticos:</b> .....                                 | 22 |
| <b>4.2 Casuística</b> .....                                       | 22 |
| <b>4.3 Método</b> .....   | 23 |
| <b>4.3.1 Preparação para coleta de dados</b> .....                | 23 |
| <b>4.3.2 Coleta e análise dos dados</b> .....                     | 25 |
| <b>4.3.2.1 Nasofibroestroboscopia:</b> .....                      | 26 |
| <b>4.3.2.2 Eletroglotografia:</b> .....                           | 30 |
| <b>3.4 Análise estatística:</b> .....                             | 33 |
| RESULTADOS .....  | 33 |
| <b>4.1 Nasolaringoestroboscopia</b> .....                         | 34 |
| <b>4.1.1 Fraca intensidade</b> .....                              | 35 |
| <b>4.1.2 Forte intensidade</b> .....                              | 36 |
| <b>4.2 Eletroglotografia (EGG) – Coeficiente de contato</b> ..... | 37 |
| <b>4.2.1 Fracas intensidades</b> .....                            | 38 |
| <b>4.2.2 Fortes intensidades</b> .....                            | 40 |
| DISCUSSÃO .....   | 43 |
| CONCLUSÃO.....  | 53 |

|                                 |    |
|---------------------------------|----|
| ANEXOS .....                    | 56 |
| REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... | 59 |

**Listas:**

➤ **Lista de figuras**

|   |    |
|---|----|
| Figura 1 - Imagem de uma cantora realizando nasofibroestroboscopia .....  | 27 |
| Figura 2 - Fotografia da máxima amplitude de vibração das pregas vocais, durante vibração sonorizada de lábios – a. sem tratamento da imagem / b. com tratamento da imagem. ....  | 28 |
| Figura 3 - Software X-Cade. Medida da amplitude corresponde a 0,4 o valor da medida da aritenóide .....   | 30 |
| Figura 4 - Fases da onda eletroglotográfica e coeficiente de contato.....   | 33 |
| Figura 5 - Amplitude máxima da vibração cordal durante a nasofibroestroboscopia em relação à cartilagem cuneiforme, nas fracas intensidades - a. emissão da vogal /ε/ sustentada (0,08) / b. emissão sustentada da vibração sonorizada de lábios (0,11) / c. emissão da vibração sonorizada de lábios (0,12).....   | 35 |
| Figura 6 - Amplitude máxima da vibração cordal durante a nasofibroestroboscopia em relação à medida da cartilagem cuneiforme, nas fortes intensidades - a. emissão da vogal /ε/ sustentada (0,12%) / b. emissão sustentada da vibração sonorizada de lábios (0,19) / c. emissão da vibração sonorizada de lábios (0,22).....  | 36 |
| Figura 7 - Box plot da média intrassujeitos do coeficiente de contato, durante a execução da vogal /ε/ sustentada, vibração de lábios e vibração de língua em fraca intensidade. Cada caixa representa mediana, interquartis e valores extremos dentro de uma categoria. Outliers estão representados como asteriscos. Valor de p obtido do <i>Friedman</i> .....         | 38 |
| Figura 8 - Box plot do desvio padrão intrassujeitos do coeficiente de contato, durante a execução da vogal /ε/ sustentada, vibração de lábios e vibração de língua em fraca intensidade. Cada caixa representa mediana, interquartis e valores extremos dentro de uma categoria. Outliers estão representados como asteriscos. Valor de p obtido do <i>Friedman</i> ..... | 39 |

Figura 9 - Box plot da média intrassujeitos do coeficiente de contato, durante a execução da vogal /ε/ sustentada, vibração de lábios e vibração de língua em forte intensidade. Cada caixa representa mediana, interquartis e valores extremos dentro de uma categoria. . Outliers estão representados com asteriscos. Valor de p obtido do *Friedman*..... 40

Figura 10 - Box plot do desvio padrão intrassujeitos do coeficiente de contato, durante a execução da vogal /ε/ sustentada, vibração de lábios e vibração de língua em forte intensidade. Cada caixa representa mediana, interquartis e valores extremos dentro de uma categoria. Outliers estão representados com asteriscos. Valor de p obtido do *Friedman* ..... 41

➤ **Lista de tabelas**

|   |    |
|---|----|
| Tabela 1 - Característica dos indivíduos incluídos na casuística .....  | 23 |
| Tabela 2 - Intensidades máximas e mínimas emitidas pelo sujeito 1 nas emissões sustentadas. Os valores escolhidos para coleta de dados foram 52 dB para intensidade mínima e 68 dB para intensidade máxima .....  | 24 |
| Tabela 3 - Medida da amplitude máxima de vibração cordal durante a emissão da vogal /ε/ sustentada, quando comparada às emissões de vibrações sonorizadas de língua e lábios em fraca intensidade ( <i>Friedman</i> )   | 35 |
| Tabela 4 - Comparação par a par entre a vogal /ε/, vibração de lábios e vibração de língua, em fraca intensidade ( <i>Postos Sinalizados de Wilcoxon</i> )  | 35 |
| Tabela 5 - Medida da amplitude máxima de vibração cordal durante a emissão da vogal /ε/ sustentada, quando comparada às emissões de vibrações sonorizadas de língua e lábios em forte intensidade ( <i>Friedman</i> )   | 36 |
| Tabela 6 - Comparação par a par entre a vogal /ε/, vibração de lábios e vibração de língua, em forte intensidade ( <i>Postos Sinalizados de Wilcoxon</i> )  | 36 |
| Tabela 7 - Coeficiente de contato: número de amostras, média, desvio padrão, diferenças mínima e máxima, mediana e significância entre as emissões em fraca intensidade da vogal /ε/ sustentada, vibração de lábios e vibração de língua ( <i>Friedman</i> ) .....  | 38 |
| Tabela 8 - Comparação das medidas automáticas de valores significantes, entre os pares de vibração de lábios e vogal /ε/ sustentada, vibração de língua e vogal /ε/ sustentada, vibração de língua e vibração de lábios, na emissão de fraca intensidade ( <i>Postos Sinalizados de Wilcoxon</i> ) .....  | 39 |
| Tabela 9 - Medidas automáticas eletroglotográficas: número de amostras, média, desvio padrão, diferenças mínima e máxima, mediana e significância entre as emissões em forte intensidade da vogal /ε/ sustentada, vibração de lábios e vibração de língua ( <i>Friedman</i> ) .....                       | 40 |
| Tabela 10 - Comparação das medidas automáticas de valores significantes, entre os pares de vibração de lábios e vogal /ε/ sustentada, vibração de língua e vogal /ε/ sustentada, vibração de língua e vibração de lábios, na emissão de fraca intensidade ( <i>Postos Sinalizados de Wilcoxon</i> ) ..... | 41 |

➤ **Lista de símbolos e abreviaturas**

*Et al.*  
SPSS  
VFCA

E outros  
Statistical Package for Social Sciences  
Vocal Fold Contact Area

cm  
dB  
GB  
Hz  
=  
>  
<

Centímetro  
Decibéis  
Gigabyte  
Hertz  
Igual a  
Maior que  
Menor que

## **Resumo:**

Cordeiro GF. Análise comparativa da amplitude de vibração das pregas vocais e do coeficiente de contato durante a emissão da vogal /ε/ prolongada e vibração sonorizada de lábios e língua. [dissertação] São Paulo: Faculdade de Medicina, Universidade de São Paulo; 2010

Os exercícios de vibração sonorizada são utilizados amplamente tanto para o tratamento de disfonias como na preparação vocal dos profissionais da voz. Ainda são escassas as pesquisas que estudam a fisiologia vocal durante o exercício. O objetivo deste estudo é comparar as diferenças na vibração cordal durante a execução dos exercícios de vibração sonorizada de lábios, de língua e na emissão da vogal /ε/ sustentada quanto à amplitude de vibração das pregas vocais e às medidas de coeficiente de contato, em cantores líricos profissionais. Para tal, foram selecionados 10 cantores líricos com domínio laríngeo e das técnicas estudadas. Os sujeitos foram treinados a emitir a vogal /ε/ sustentada, a vibração sonorizada de lábios e a de língua no quinto tom acima do mais grave possível de ser produzido e nas mesmas intensidades (fraca e forte). Os indivíduos foram submetidos à nasofibroestroboscopia, na qual foi extraída as imagens da amplitude máxima de vibração das pregas vocais, tomando como referência os valores da medida da cartilagem cuneiforme. Além disso, foram submetidos à eletroglotografia, de onde foram extraídas as medidas automáticas da média e do desvio padrão do coeficiente de contato. A amplitude de vibração cordal teve a proporção média da cartilagem cuneiforme de 0,11 para emissão da vogal /ε/, 0,16 para a vibração sonorizada de lábios e 0,17 para a vibração sonorizada de língua, nas fracas intensidades e, respectivamente, 0,16, 0,29 e 0,26 nas fortes intensidades. Após teste estatístico, percebeu-se diferença nessa medida entre as vibrações sonorizadas de língua e de lábios em relação à vogal /ε/ sustentada. A média entre os sujeitos da medida de média do coeficiente de contato foi de 47,72, 50,97 e 52,25 para a vogal /ε/ sustentada, vibração sonorizada de lábios e vibração sonorizada de língua nas fracas intensidades e, respectivamente, 50,71, 59,21 e 54,60 para as fortes intensidades. Para essa medida, a vibração sonorizada de lábios se diferenciou da vibração sonorizada de língua e da vogal /ε/ sustentada somente nas fortes intensidades. Quanto à média da medida de desvio padrão do coeficiente de contato, os valores para vogal /ε/, vibração sonorizada de lábios e vibração sonorizada de língua nas fracas intensidades foram de 3,12, 6,55 e 7,63. Nas fortes intensidades os respectivos valores foram de 1,62, 6,64 e 4,75, sendo que, em ambas as intensidades, as vibrações sonorizadas se diferenciaram da emissão da vogal /ε/ sustentada. Concluímos que em cantores líricos profissionais, a vibração sonorizada de lábios e de língua se diferenciam da vogal /ε/ sustentada quanto à amplitude máxima de vibração cordal e ao desvio padrão do coeficiente de contato. A média do coeficiente de contato diferencia a vibração sonorizada de lábios da de língua somente nas fortes intensidades.

**Descritores:** qualidade da voz, treinamento da voz, voz, fonação, estroboscopia, laringoscopia, mucosa laríngea

## Summary

Cordeiro GF. Comparative analysis of the amplitude of vibration of the vocal folds and the coefficient of contact during the utterance of the sustained vowel /  $\epsilon$  / and the lips and tongue trills. [dissertation] São Paulo: School of Medicine, University of São Paulo, 2010

Exercises of audible vibration are widely used for the treatment of dysphonia and vocal preparation of professional voice users. There is little research done studying vocal physiology during exercise. The aim of this study is to compare the differences in cordal vibration during the exercises of lips and tongue trills and the sustained vowel /  $\epsilon$  / as to the extent of vocal fold vibration and the measures of coefficient of contact in professional opera singers. To this end, ten classical singers —reportedly in perfect laryngeal health and mastery, as well as having expert skill in the techniques studied, served as subjects for this study. The subjects were trained to deliver the sustained vowel /  $\epsilon$  /, the lips and tongue trills on the 5th tone up the lowest pitch possible to be produced and in the same intensities (weak and strong), selected in advance. The subjects underwent nasofibroestroboscopy, from which images of the maximum amplitude of vibration of the vocal folds were obtained, having as a reference the values of the cuneiform cartilage. In addition, subjects were also submitted to electroglottography, from which the automatic measurements of the mean and standard deviation of the coefficient of contact were taken. The comparison of the results was cross-reference among subjects and strong or weak intensities were compared between them. The amplitude of cordal vibration had the median proportion of the cuneiform cartilage from 0.11 to vowel /  $\epsilon$  /, 0.16 for the lip trill and 0.17 for the tongue trill, in the weak intensities, and 0.16, 0.29 and 0.26 in the strong intensities respectively. After statistical analysis we noted the difference in this measure between the tongue trill and of the lips trill concerning the sustained vowel /  $\epsilon$  / . The mean among the subjects of the measurement, of mean contact coefficient was 47.72, 50.97 and 52.25 for the sustained vowel /  $\epsilon$  / , lip trill and tongue trill in weak intensity 50 , 71, 59.21 and 54.60 for strong intensities respectively. To this measure, the lip trill differed from the tongue trill and the sustained vowel /  $\epsilon$  / only when in the strong intensities. Regarding the mean measure of standard deviation of coefficient of contact values for sustained vowel /  $\epsilon$  / , lip trill and tongue trill in weak intensity were 3.12, 6.55 and 7.63. In strong intensities in the respective values were 1.62, 6.64 and 4.75, and in both intensities, vibrations accompanying sounds were differentiated from the utterance of the sustained vowel /  $\epsilon$  / . We concluded that in professional opera singers, the lip and tongue trills are different from the sustained vowel /  $\epsilon$  / regarding the maximum amplitude of cordal vibration and the standard deviation of the coefficient of contact. The mean coefficient of contact differs from the lip and tongue trills, only in the strong intensities.

**Key words:** voice, phonation, voice quality, laryngoscopy, stroboscopy, laryngeal mucosa

# JOURNAL OF VOICE

## Instructions for Contributors

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

### Editorial Office

Electronic Submissions: <http://ees.elsevier.com/jvoice>  
Email: [journal@voicefoundation.org](mailto: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 voice 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 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.

### Duplicate Publication

Duplicate submission and redundant publication are prohibited. "Duplicate submission" occurs when an author submits a manuscript simultaneously to two or more journals, without notification and concurrence of the Editor-in-Chief of each journal. "Redundant publication" involves publication of an article that overlaps substantially with one already published in print or electronic media. The overlap may be in data, content or both. "Salami slicing," or publishing portions of data from the same study in multiple journals, commonly constitutes duplicate publication. Duplicate publication and redundant publication are considered unethical.<sup>1</sup> It is the responsibility of the senior/corresponding author to vet all manuscript data for completeness, validity, redundant or duplicate content in advance of submission. If an author has any questions regarding the interpretation

of duplicate or redundant publication, it is his/her responsibility to bring the question to the attention of the Editor-in-Chief prior to review or publication of the manuscript.

<sup>1</sup>Johnson JT, Niparko JK, Levine PA, Sataloff RT, et al. Editorial: Standards for Ethical Publication. *Laryngoscope*, 2007; 117(1):1-2.

### 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 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

## INSTRUCTIONS FOR CONTRIBUTORS

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.

### Video/Audio Clips

The *JOV* invites authors to submit video/audio clips to be published on the Journal's website at [www.jvoice.org](http://www.jvoice.org) as illustrations or recordings incorporated in an article that the author is submitting for publication. All video/audio clips are subject to peer review.

Copyright for all video/audio clips published on the Journal's website will be held by the Voice Foundation.

Video clips must be limited to no more than 1 minute in length and no more than 10 MB in file size. Videos must be submitted in either MPEG or QuickTime format. Authors who want their videos accessible in a streaming format must also provide either a single SureStream file or 3 uniquely named single-rate clips (28.8, 56, T1) with a SMIL file to list the bandwidth choices. Video clips must meet production quality standards to be published on the web so that modifications or editing by the editorial office are not needed. The Journal can accept only video submissions that meet the Journal's formatting and image quality requirements. Authors will be notified if there are any problems with submitted files and asked to resubmit modified files. Image editing and correct formatting are the author's responsibility.

Video clips accepted for publication will be posted on the Journal's website in both nonstreaming QuickTime or MPEG format for optimal image quality and in a streaming video format for those who prefer faster downloading.

Audio clips must be limited to no more than 10MB in file size. Audio clips must be submitted in MPEG format.

## INSTRUCTIONS FOR CONTRIBUTORS

### 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 John F. Kennedy Blvd., Suite 1800, Philadelphia, PA 19103-2899 (Tel. 1-800-523-4068).

### 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, DDDR/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.

### Guide to Style

Authors are encouraged to consult "A Guide to Style for *Journal of Voice*," which can be found at [www.voicefoundation.org](http://www.voicefoundation.org) and [www.jvoice.org](http://www.jvoice.org).

Elsevier Editorial System(tm) for Journal of Voice  
Manuscript Draft

Manuscript Number: JVOICE-D-10-00033

Title: Comparative analysis of the median and standard deviation of the coefficient of contact for lip and tongue trills in relation to the sustained vowel / ε /

Article Type: Full Length Article

Keywords: voice, phonation, voice quality, laryngoscopy, stroboscopy, laryngeal mucosa

Corresponding Author: Fga Gislaïne Ferro Cordeiro, M.D.

Corresponding Author's Institution: Faculty of Medicine, University of Sao Paulo

First Author: Gislaïne Ferro Cordeiro, M.D.

Order of Authors: Gislaïne Ferro Cordeiro, M.D.; Arlindo N Montagnoli, PhD; Marcia M Menezes, PhD; Katia Nemr, PhD; Domingos H Tsuji, PhD

**Abstract:** Exercises of audible vibration - or trills, have been used for a long time as a resource in the treatment and preparation of the voice. Despite its benefits being obvious, their physiology has been little studied. The aim of this study is to compare the mean and standard deviation of the coefficient of contact in exercises of lip and tongue trills with the sustained vowel / ε / in opera singers. Ten professional classical (operatic) singers —reportedly in perfect laryngeal health, served as subjects for this study and underwent electroglottography. During the exam, the subjects were instructed to deliver the sustained vowel / ε /, and lip and tongue trills in a same pre-established frequency and intensity. The mean values and standard deviation of the coefficient of contact were obtained using a software developed for this purpose. The comparison of the results was cross-referenced among subjects; maximum intensities were compared only among them and vice-versa. The means of coefficient of contact were statistically significant only in the strong intensities, and the lip trill was different from the tongue trill and from the sustained vowel / ε /. The standard deviation of the coefficient of contact distinguished the sustained vowel / ε / from the lip and tongue trills in the two intensities. We concluded that there is oscillation of the coefficient of contact during the exercises of tongue and lip trill and the coefficient of contact is higher during the performance of exercises of the lip trill, when compared with the other two utterances only in the strong intensities.

Cover Letter

[Click here to download high resolution image](#)

**AUTHOR AFFILIATION / PERMISSION TO PUBLISH FORM**

*Journal of Voice*

**Article Title:** Comparative analysis of the median and standard deviation of the coefficient of contact for lip and tongue trills in relation to the sustained vowel /  $\epsilon$  /

**Article Authors:**

Gislaine Cordeiro

Arlindo N. Montagnoli

Nair Kátia Nmer, MD

Marcia H. M. Menezes

Domingos Hiroshi Tsuji, PhD

Please fill in your name, your highest degree(s), and your title at your present professional setting (university, hospital, clinic, etc.) in the way you would like it to appear in the journal. Please give the name of the school, hospital, or clinic as they are officially written. It is important that we be given notification of any changes in your affiliation and mailing address between now and publication.

**PROFESSIONAL / ACADEMIC AFFILIATION**

Name and degree: Gislaine Ferro Cordeiro – Speech Pathologist

Department of Otolaryngology of The University of São Paulo School of Medicine  
São Paulo, São Paulo, Brazil

**Cover Letter**

[Click here to download high resolution image](#)

**MAILING ADDRESS**

Please provide the full address of the place where all correspondence and a complimentary copy of the journal may be sent to you.

Send Correspondence to Gislaine F. Cordeiro, Rua Milton Lodetti, 75, 05303-080, São Paulo, São Paulo, Brazil. E-mail: [gislainecordeiro@gmail.com](mailto:gislainecordeiro@gmail.com)

**PERMISSION TO PUBLISH**

I, as sole or joint proprietor of this work, give The Voice Foundation and its assignees the exclusive right to publish my article in whole or in part in the above named publication.

  
\_\_\_\_\_  
Signature

Date 3/8/2010

Please fill out the above information, print the form, and sign it. Then, please scan the completed form, upload it to EES and include it in your revised submission. Alternately, the form can be mailed to Elsevier at the address below.

Joseph Dougherty  
Elsevier  
1600 JFK Blvd., Suite 1800  
Philadelphia, PA 19103-2899

1  
2  
3  
4  
5  
6  
7  
8  
9  
10  
11  
12  
13  
14  
15  
16  
17  
18  
19  
20  
21  
22  
23  
24  
25  
26  
27  
28  
29  
30  
31  
32  
33  
34  
35  
36  
37  
38  
39  
40  
41  
42  
43  
44  
45  
46  
47  
48  
49  
50  
51  
52  
53  
54  
55  
56  
57  
58  
59  
60  
61  
62  
63  
64  
65

**Comparative analysis of the median and standard deviation of the coefficient of contact for lip and tongue trills in relation to the sustained vowel / ε /**

**Authors:** Gislaine Ferro Cordeiro

Arlindo Neto Montagnoli

Nair Kátia Nemr

Márcia Helena M. Menezes

Domingos Hiroshi Tsuji

This article is part of the master's degree dissertation presented at the Department of Otolaryngology, Faculty of Medicine, University of São Paulo.

**ACKNOWLEDGEMENTS**

- To INVOZ - Communication and Professional Voice, for the help in contacting the subjects during data collection.

- To Prof. Dr. Maurilio Nunes for allowing the use of the "delay0.bat" program for filtering the wave and obtaining the automatic measurements.

**Summary:**

Exercises of audible vibration – or trills, have been used for a long time as a resource in the treatment and preparation of the voice. Despite its benefits being obvious, their physiology has been little studied. The aim of this study is to compare the mean and standard deviation of the coefficient of contact in exercises of lip and tongue trills with the sustained vowel / ε / in opera singers. Ten professional classical (operatic) singers —reportedly in perfect laryngeal health, served as subjects for this study and underwent electroglottography. During the exam, the subjects were instructed to deliver the sustained vowel / ε /, and lip and tongue trills in a same pre-established frequency and intensity.

1  
2  
3  
4  
5  
6  
7  
8  
9  
10  
11  
12  
13  
14  
15  
16  
17  
18  
19  
20  
21  
22  
23  
24  
25  
26  
27  
28  
29  
30  
31  
32  
33  
34  
35  
36  
37  
38  
39  
40  
41  
42  
43  
44  
45  
46  
47  
48  
49  
50  
51  
52  
53  
54  
55  
56  
57  
58  
59  
60  
61  
62  
63  
64  
65

The mean values and standard deviation of the coefficient of contact were obtained using a software developed for this purpose. The comparison of the results was cross-referenced among subjects; maximum intensities were compared only among them and vice-versa. The means of coefficient of contact were statistically significant only in the strong intensities, and the lip trill was different from the tongue trill and from the sustained vowel /  $\epsilon$  /. The standard deviation of the coefficient of contact distinguished the sustained vowel /  $\epsilon$  / from the lip and tongue trills in the two intensities. We concluded that there is oscillation of the coefficient of contact during the exercises of tongue and lip trill and the coefficient of contact is higher during the performance of exercises of the lip trill, when compared with the other two utterances only in the strong intensities.

1  
2  
3  
4  
5  
6  
7  
8  
9  
10  
11  
12  
13  
14  
15  
16  
17  
18  
19  
20  
21  
22  
23  
24  
25  
26  
27  
28  
29  
30  
31  
32  
33  
34  
35  
36  
37  
38  
39  
40  
41  
42  
43  
44  
45  
46  
47  
48  
49  
50  
51  
52  
53  
54  
55  
56  
57  
58  
59  
60  
61  
62  
63  
64  
65

**Introduction:**

The trill exercises are traditionally used in the speech clinic for the treatment of dysphonia<sup>1-4</sup> during vocal warm-up and also as a resource of several voice coaches<sup>5</sup> for vocal conditioning of professional voice users (singers, actors, voice actors, teachers, lawyers, among others). Although there are several varieties of exercise as gargle, audible fricatives, simultaneous tongue and lip trills, among others, the tongue and lip trills are the most commonly used<sup>1-3, 6-</sup>

8

The tongue trill is maintained due to the interaction between the firmness of body of the tongue, control of the tip, the closing glottic area and the exhausting of air from the lungs. The exercise should be performed with the sides of the body of the tongue firmly held in the dental alveoli and the tip of the tongue placed on the palate region, free to vibrate<sup>9</sup>. As a result, there is vibration of the entire vocal tract<sup>6</sup>.

For the vibration of the lips to occur, they should be firm enough so that there is occlusion of the airway and at the same time they are relaxed so that the air pressure breaks the resistance and so there is<sup>10</sup> vibration; and as in the tongue trill, there is interaction between the vocal tract, glottal vibration and air coming out of the lungs<sup>11</sup>.

The vibration of the tongue and lips has the same principle of the theory of vocal fold mass: there is occlusion of the anterior part of the vocal tract by the tip of the tongue or by the lips. The intraoral pressure becomes greater than the atmospheric pressure and breaks the pressure of the previous closing. Occlusion is opened and then "sucked" by the speed of the airflow<sup>9</sup>.

1  
2  
3  
4  
5  
6  
7  
8  
9  
10  
11  
12  
13  
14  
15  
16  
17  
18  
19  
20  
21  
22  
23  
24  
25  
26  
27  
28  
29  
30  
31  
32  
33  
34  
35  
36  
37  
38  
39  
40  
41  
42  
43  
44  
45  
46  
47  
48  
49  
50  
51  
52  
53  
54  
55  
56  
57  
58  
59  
60  
61  
62  
63  
64  
65

Currently, works have discussed the best exercise prescription (time of efficacy and number of repetitions / session) for each occasion. Menezes *et al.* <sup>7</sup> suggest that the utterance be performed within a maximum of three minutes for women and five minutes for men.

To Schwarz <sup>6</sup> it is important to consider the vocal resistance of each individual in the prescription. In this research, individuals had three sets of fifteen repetitions with an interval of 30 seconds in each series of passive rest and still showed improvement in voice quality after exercise.

To Erickson Gaskill and <sup>10</sup>, what differentiates the lip trill from other exercises that focus on the front of the vocal tract, is that this is the only one that promotes occlusion and no occlusion of lips (without loss of muscle tone), creating low-frequency vibration of the lips, in addition to the frequency of the vocal folds. Therefore, the airflow and subglottic pressure must be adequate to occur in the two vibrations, which would create a single overload to the vocal folds.

By studying the performance of the lip trill, the authors show a coefficient of contact reduced by approximately 50% during the execution of the lip trill, compared to the vowel / a / before and after exercise. This change is most evident in untrained individuals. They believe that the mechanical interaction of source and filter, associated with a lower adduction of the vocal process account for these results <sup>10</sup>.

On the other hand, by studying the technique of lips and tongue trill in a single subject, Pinho e Pontes <sup>3</sup> observe a greater coefficient of contact during performance of the trill as compared to the sustained vowel / ε / .

1  
2  
3  
4  
5  
6  
7  
8  
9  
10  
11  
12  
13  
14  
15  
16  
17  
18  
19  
20  
21  
22  
23  
24  
25  
26  
27  
28  
29  
30  
31  
32  
33  
34  
35  
36  
37  
38  
39  
40  
41  
42  
43  
44  
45  
46  
47  
48  
49  
50  
51  
52  
53  
54  
55  
56  
57  
58  
59  
60  
61  
62  
63  
64  
65

The aim of this study is to make a comparative analysis of the mean and standard deviation of the coefficient of contact vibration accompanying sounds of lips, tongue and the sustained vowel / ε / .The vowel / ε / was chosen as a control for this study since this is considered an open vowel (with slight constriction of the vocal tract), <sup>12-13</sup> next to the vowel / æ /, which does not exist in Brazilian Portuguese.

### **Methodology**

This study was approved under protocol number 907/06, by the Commission of Analysis of Research Projects - CAPPesq, Clinical Board of Hospital das Clínicas and School of Medicine, University of São Paulo, 14 February 2007. All subjects involved in the study signed a consent form.

#### **1. Subjects:**

For the present study 14 subjects were evaluated, 7 male and 7 female, using the following criteria for inclusion and exclusion:

- Inclusion criteria: classical (operatic) singers —reportedly in perfect laryngeal health and mastery, with no lesion of vocal folds, as well as having expert skill in the lip and tongue trill techniques studied.
- Exclusion criteria: less than three years of professional singing, singing or spoken voice complaints, incomplete glottal closure and/or intolerance to the examination of the larynx.

Thus, 4 subjects were excluded, so that the analysis comprised 10 singers of both sexes (5 male and 5 female) aged 24 to 48 and having a singing practice of at least 3 years or more. The vocal classification of the subjects were: 2 sopranos, 2 mezzo-sopranos, 1 contralto, 2 tenors, 2 baritones and 1 bass.

1  
2  
3  
4  
5  
6  
7  
8  
9  
10  
11  
12  
13  
14  
15  
16  
17  
18  
19  
20  
21  
22  
23  
24  
25  
26  
27  
28  
29  
30  
31  
32  
33  
34  
35  
36  
37  
38  
39  
40  
41  
42  
43  
44  
45  
46  
47  
48  
49  
50  
51  
52  
53  
54  
55  
56  
57  
58  
59  
60  
61  
62  
63  
64  
65

## 2. Method

### 1. Preparation for data collection

Before the sampling or data collection, the vocal range of each subject was measured. We understand vocal range to be the distance between the lowest and highest tone that can be produced by the individual, excluding the vocal fry, and, including the falsetto <sup>2</sup>.

In this procedure, we selected the 5th tone up from the lowest pitch possible to be produced by the subject <sup>14</sup>. So, we asked individuals to utter, in that tone with low larynx, the vowel sustained /  $\epsilon$  /, the lips and tongue trills, as well as the voiced fricative /  $v$  /, /  $z$  / e /  $\text{ʒ}$  /, in the maximum and minimum intensity possible to produce. Aiming to standardize the intensities during the performance of the exercises, the least intensity of the maximum and highest of the minimum were chosen, as illustrated in Table 1.

The voiced fricative were used for the extraction of intensities, since the emission of the highest of the minimum intensity is uttered, usually by one of these exercises and thus, individuals could undergo exams comfortably and would not come into aperiodicity vocal fatigue or by the use of ceiling of phonation during the trill exercises.

For measuring vocal extension, research and maintenance of timbre a Casio keyboard brand, model VL-Tone VL 1 was used. The intensity was measured by a RadioShack decibel meter model 33-2055, at 30 cm from the labial commissure of the singer.

After this procedure, the singers were trained individually to make each utterance or emission in the prompted tone, intensity selected (maximum

1  
2  
3  
4  
5  
6  
7  
8  
9  
10  
11  
12  
13  
14  
15  
16  
17  
18  
19  
20  
21  
22  
23  
24  
25  
26  
27  
28  
29  
30  
31  
32  
33  
34  
35  
36  
37  
38  
39  
40  
41  
42  
43  
44  
45  
46  
47  
48  
49  
50  
51  
52  
53  
54  
55  
56  
57  
58  
59  
60  
61  
62  
63  
64  
65

variation of 2 dB) with minimal effort, maintaining the position of the larynx, for at least 10 seconds or longer.

The training was conducted with the help of a speech therapist, in a first meeting before the data collection and in advance, prior to the exam.

On the appointed day, the singers could not have a flu, be deprived of sleep, fatigued or present voice changes; therefore subjects were informed of the objectives and conditions of the research.

## 2. Collection and analysis of data

During the performance of the electroglottography, subjects were asked to utter the sustained vowel / ε / as well as the tongue and lips trill for as long as possible in frequency (5 tone up from the lowest pitch) and intensities required (lowest of maximum and highest of the minimum), the same standards of training done previously.

The frequency was controlled by the singer, using the same keyboard employed in the training and the intensity of the sound level by 30 cm of facial paralysis, controlled by a pathologist in the examination room.

The comparison was cross-reference. Similarly, the emission of low intensity and the strong intensity were compared only between them.

To collect the electroglottography signal, individuals were accommodated in a soundproof booth in a quiet room, the Laboratory of Voice and Speech at CEFAC. The electroglottograph used was the *Glottal Enterprises* EG2.

The electroglottograph was connected to Behringer BCA2000 interface, connected to a PC with AMD Centron 1.66GB.

Subjects were asked to remove any metal object that they might be donning around their necks or heads, and were then asked to sit upright in a chair with

1  
2  
3  
4  
5  
6  
7  
8  
9  
10  
11  
12  
13  
14  
15  
16  
17  
18  
19  
20  
21  
22  
23  
24  
25  
26  
27  
28  
29  
30  
31  
32  
33  
34  
35  
36  
37  
38  
39  
40  
41  
42  
43  
44  
45  
46  
47  
48  
49  
50  
51  
52  
53  
54  
55  
56  
57  
58  
59  
60  
61  
62  
63  
64  
65

a head positioner. For the safety of subjects, a rubber mat was placed under the chair. The subjects' necks were cleaned with a dry tissue, a thin layer of conductive gel was applied on hypoallergenic electrodes (*Parker Laboratories Spectra 360*), which were attached to the wing of the thyroid cartilage and secured with a Velcro strip. To ensure that the electrodes were positioned properly, subjects were asked to produce the sustained vowel and the tongue trill to confirm the presence of a green light in the central position of the option *Electrode Placement / Laryngeal Movement*. The presence of the signal was verified by the indicator *Signal*.

For the recording of the signal, we selected the option VFCA signal (*Vocal Fold Contact Area*) and the option of high or low gain of the device was determined by monitoring the signal given by the indicator *Signal*.

The signal was recorded and edited on computer with the software Soundforge 7.0, frequency sampling 22.050Hz and resolution of 16bits, with extension wav.

Electroglottography samples were subjected to the process of high-pass filtering using the program *delay0.bat* <sup>15</sup>.

For the analysis, first, the waves were classified by two experienced therapists electroglottography analysis and an electrical engineer, according to the proposal for Vieira <sup>15</sup> such as:

1. Free of evident noise
2. Intensity increased, but with visible noise
3. Irregular Stimulation
4. Impossible numerical analysis

1  
2  
3  
4  
5  
6  
7  
8  
9  
10  
11  
12  
13  
14  
15  
16  
17  
18  
19  
20  
21  
22  
23  
24  
25  
26  
27  
28  
29  
30  
31  
32  
33  
34  
35  
36  
37  
38  
39  
40  
41  
42  
43  
44  
45  
46  
47  
48  
49  
50  
51  
52  
53  
54  
55  
56  
57  
58  
59  
60  
61  
62  
63  
64  
65

Automatic measurements, were extracted using the instrument developed by Vieira <sup>15</sup> available for this research. The measures taken were the mean and standard deviation of the coefficient of contact.

The coefficient of contact is the ratio between the closed phase and the entire cycle of the electroglottographic wave. The average coefficient of contact is the measure of each electroglottographic wave divided by the number of waves analyzed by the software. The standard deviation is the variation of this measure over time.

### 3. Statistical analysis

To analyze the results, we adopted the significance level of 5% (0.050), the application of statistical tests.

We used the software SPSS (Statistical Package for Social Sciences), version 13.0, to obtain the results. The test used was the *Friedman*, in order to verify differences between /  $\epsilon$  /, and the lip and tongue trills. For cases where the difference was statistically significant, we applied the *test of Wilcoxon signed-rank*, in order to identify the types that differ.

In the results of coefficient of contact, we considered the mean and standard deviation measures intra-subject was extracted automatically by analysis software and intersubject values of results of statistical analysis.

### Results

All electroglottographic waves were between grades 1 and 2, according to the criteria for Vieira <sup>15</sup> and were therefore able to be extracted automatically.

Below, in Tables 2, 3, 4 and 5 are listed the results of the extraction of automatic measurements of electroglottography.

1  
2  
3  
4  
5  
6  
7  
8  
9  
10  
11  
12  
13  
14  
15  
16  
17  
18  
19  
20  
21  
22  
23  
24  
25  
26  
27  
28  
29  
30  
31  
32  
33  
34  
35  
36  
37  
38  
39  
40  
41  
42  
43  
44  
45  
46  
47  
48  
49  
50  
51  
52  
53  
54  
55  
56  
57  
58  
59  
60  
61  
62  
63  
64  
65

We considered the mean and standard deviation of the coefficient of contact intra-subject those extracted automatically by the Software of analysis of the electroglottographic wave, considered as variables of this study, displayed on the vertical axis of the tables. The mean and standard deviation of the horizontal axis is related to the inter-subject value drawn from the statistical test.

- i. **Weak intensities**
- ii. **Strong intensities**

**Discussion:**

In our results, the average coefficient of contact was statistically different for all three productions; only the implementation of strong intensity and standard deviation was statistically different in the two intensities.

In applying the test of *Wilcoxon signed-rank* for the standard deviation of the coefficient of contact, we observed differences between the two types of trill for the utterance of the long vowel in the strong intensities and for low intensities there are differences between tongue trill in relation to the sustained vowel / ε / and a tendency to find differences between lip trill and sustained vowel / ε / .

For the implementation of the tongue and lip trill, there is occlusion of the anterior part of the vocal tract (tongue or lips). The oral pressure increases and overcomes the force of occlusion, which is open and then "sucked" by the speed of airflow <sup>9</sup>.

This move should also lead to variations of pressure in the oral cavity, leading to oscillations of the coefficient of contact, explaining the difference in

1  
2  
3  
4  
5  
6  
7  
8  
9  
10  
11  
12  
13  
14  
15  
16  
17  
18  
19  
20  
21  
22  
23  
24  
25  
26  
27  
28  
29  
30  
31  
32  
33  
34  
35  
36  
37  
38  
39  
40  
41  
42  
43  
44  
45  
46  
47  
48  
49  
50  
51  
52  
53  
54  
55  
56  
57  
58  
59  
60  
61  
62  
63  
64  
65

standard deviation of the coefficient of contact. Probably, during the strong emission intensity, this difference becomes more evident due to increased flow.

According to the theory of interaction between source and filter <sup>16-17</sup>, the sound pressure of the vocal tract, changes the phonatory threshold pressure and interferes with the vibration of the vocal folds.

In this line of reasoning, some authors report that the goal of vocal training is to promote interaction between the source and the filter and thus increase the intensity, efficiency and vocal economy

<sup>11</sup>. For these authors, the vibrations accompanying sounds of lips and tongue are part of the exercises of semioccludedvocal tract .

These exercises cause an interaction between source-filter mechanical order <sup>16-17</sup> in that they change the impedance of the vocal tract and thus interfere with the vibration of vocal folds <sup>18</sup>.

After applying the *tests of Wilcoxon signed-rank* the measure of the average coefficient of contact differed in the lips and tongue trills, which was higher during the lip trill.

According to the literature <sup>11, 18</sup>, the more anterior the obstruction, the greater the impedance of the vocal tract. Despite the lip trill being slightly more than the previous tongue trill, the influence of pressure from both supraglottic and subglottic, the vibration of the vocal folds is not straightforward <sup>16-17, 19-20</sup>, so that change in flow caused by the increase in intensity may lead to different proportions in the vibration of vocal folds and differentiate the vibration mode in strong and weak intensities <sup>21-22</sup>.

1  
2  
3  
4  
5  
6  
7  
8  
9  
10  
11  
12  
13  
14  
15  
16  
17  
18  
19  
20  
21  
22  
23  
24  
25  
26  
27  
28  
29  
30  
31  
32  
33  
34  
35  
36  
37  
38  
39  
40  
41  
42  
43  
44  
45  
46  
47  
48  
49  
50  
51  
52  
53  
54  
55  
56  
57  
58  
59  
60  
61  
62  
63  
64  
65

Our results are similar to Pinho e Pontes <sup>3</sup>, who studied the coefficient of contact several years in the same individual. These authors found higher coefficient of contact during the execution of the lips trill.

Unlike our study, Gaskill and Erikson <sup>10</sup> found coefficient closing lower during the execution of the lip trill, for the sustained vowel / a / . In the study, the authors made the extraction steps by hand and therefore selected only four electroglottographic waves in each task for each subject and thus did not notice the change in the pattern of the oscillation platform. Since in our study we extracted measures in an automated way, we could see waves of all electroglottography phonation stable, therefore a larger number of waves was used in the calculations. Thus, in the present study the analysis might be more global, portraying a more accurate chordal vibration during the execution of the tasks requested.

Although the results of Gaskill and Erikson have been different from ours, the authors found systematic differences in the coefficient of contact of the lip trill in relation to the utterance of the sustained vowel, as in this study, the authors argued that these differences could be due to the interaction between the source and filter.

In addition, the authors found differences in outcomes between trained and untrained individuals, that are attributed to the control of the trained individuals for a smoother closing.

Some authors report that the sound produced by the larynx is not linear <sup>23-25</sup> and depends on many factors. Thus, any difference in biomechanics, structure (such as geometry, density and viscosity of tissues), control of air flow or the vocal tract, can cause differences in vocal fold vibration. Trained

1  
2  
3  
4  
5  
6  
7  
8  
9  
10  
11  
12  
13  
14  
15  
16  
17  
18  
19  
20  
21  
22  
23  
24  
25  
26  
27  
28  
29  
30  
31  
32  
33  
34  
35  
36  
37  
38  
39  
40  
41  
42  
43  
44  
45  
46  
47  
48  
49  
50  
51  
52  
53  
54  
55  
56  
57  
58  
59  
60  
61  
62  
63  
64  
65

Our results are similar to Pinho e Pontes <sup>3</sup>, who studied the coefficient of contact several years in the same individual. These authors found higher coefficient of contact during the execution of the lips trill.

Unlike our study, Gaskill and Erikson <sup>10</sup> found coefficient closing lower during the execution of the lip trill, for the sustained vowel / a / . In the study, the authors made the extraction steps by hand and therefore selected only four electroglottographic waves in each task for each subject and thus did not notice the change in the pattern of the oscillation platform. Since in our study we extracted measures in an automated way, we could see waves of all electroglottography phonation stable, therefore a larger number of waves was used in the calculations. Thus, in the present study the analysis might be more global, portraying a more accurate chordal vibration during the execution of the tasks requested.

Although the results of Gaskill and Erikson have been different from ours, the authors found systematic differences in the coefficient of contact of the lip trill in relation to the utterance of the sustained vowel, as in this study, the authors argued that these differences could be due to the interaction between the source and filter.

In addition, the authors found differences in outcomes between trained and untrained individuals, that are attributed to the control of the trained individuals for a smoother closing.

Some authors report that the sound produced by the larynx is not linear <sup>23-25</sup> and depends on many factors. Thus, any difference in biomechanics, structure (such as geometry, density and viscosity of tissues), control of air flow or the vocal tract, can cause differences in vocal fold vibration. Trained

1  
2  
3  
4  
5  
6  
7  
8  
9  
10  
11  
12  
13  
14  
15  
16  
17  
18  
19  
20  
21  
22  
23  
24  
25  
26  
27  
28  
29  
30  
31  
32  
33  
34  
35  
36  
37  
38  
39  
40  
41  
42  
43  
44  
45  
46  
47  
48  
49  
50  
51  
52  
53  
54  
55  
56  
57  
58  
59  
60  
61  
62  
63  
64  
65

individuals have greater control over these factors, which in fact can bring some difference in vocal fold vibration for the same task of phonation when compared to untrained individuals, as well as in patients with alterations in the vocal cords.

Thus, the exercise of trills in patients with pathologies of the vocal folds, probably behave differently than in subjects without morphological changes due to structural changes (and consequent biomechanical) that have occurred in these subjects. According to the literature, lumps caused by pathologies in the vocal cords cause interference on the strength of the glottal airflow in the area and amplitude of vibration and the speed of glottal vibration <sup>(26)</sup>.

Studies of vocal exercises, including tongue and lips trill in various situations should be made so that it can be aware of your physiology on each occasion and thus be better prescribed by speech therapists.

**Conclusion:**

Our results showed oscillation in the coefficient of contact during the exercises of tongue and lips trill. At stronger intensities, the average coefficient of contact was higher during the performance of the lip trill, compared with the sustained vowel / ε / of the tongue trill.

**References:**

1. Behlau M, Pontes P. Avaliação e tratamento das disfonias: Editora Lovise; 1995.
2. Pinho SM. Fundamentos em fonoaudiologia: tratando os distúrbios da voz. Rio de Janeiro: Guanabara-Koogan; 2003.
3. Pinho SM, Pontes P. Músculos intrínsecos da laringe e dinâmica vocal. Pinho SM, editor. Rio de Janeiro: Revinter; 2008.
4. Sataloff RT. Professional Voice: The science and art of clinical care. New York: Raven Press; 1991.
5. Aydos B, Hanayama M. Técnicas de aquecimento vocal utilizadas por professores de teatro. Rev CEFAC. 2004 jan-març;6(1):83-8.

6. Schwarz K, Cielo CA. Vocal and laryngeal modifications produced by the sonorous tongue vibration technique. *Pro Fono*. 2009 Apr-Jun;21(2):161-6.
7. Menezes MH, de Campos Duprat A, Costa HO. Vocal and laryngeal effects of voiced tongue vibration technique according to performance time. *J Voice*. 2005 Mar;19(1):61-70.
8. Perelló J. *Canto-dicción*. Barcelona: Editorial Científico Médico; 1975.
9. McGowan RS. Tongue-tip trills and vocal-tract wall compliance. *J Acoust Soc Am*. 1992 May;91(5):2903-10.
10. Gaskill CS, Erickson ML. The effect of a voiced lip trill on estimated glottal closed quotient. *J Voice*. 2008 Nov;22(6):634-43.
11. Titze IR. Voice training and therapy with a semi-occluded vocal tract: rationale and scientific underpinnings. *J Speech Lang Hear Res*. 2006 Apr;49(2):448-59.
12. Story BH, Titze IR, Hoffman EA. Vocal tract area functions for an adult female speaker based on volumetric imaging. *J Acoust Soc Am*. 1998 Jul;104(1):471-87.
13. Gregio FN. *Configuração do trato vocal supraglótico na produção das vogais do Português: dados de imagem de ressonância magnética [Mestrado]*. São Paulo: PUC-SP; 2006.
14. Cooper J. *Modemas técnicas de rehavilitación vocal*. Buenos Aires: Panamericana; 1979.
15. Vieira MN, McInnes FR, Jack MA. Comparative assessment of electroglottographic and acoustic measures of jitter in pathological voices. *J Speech Lang Hear Res*. 1997 Feb;40(1):170-82.
16. Titze IR. Nonlinear source-filter coupling in phonation: theory. *J Acoust Soc Am*. 2008 May;123(5):2733-49.
17. Titze I, Riede T, Popolo P. Nonlinear source-filter coupling in phonation: vocal exercises. *J Acoust Soc Am*. 2008 Apr;123(4):1902-15.
18. Story BH, Laukkanen AM, Titze IR. Acoustic impedance of an artificially lengthened and constricted vocal tract. *J Voice*. 2000 Dec;14(4):455-69.
19. Zhang Z. Characteristics of phonation onset in a two-layer vocal fold model. *J Acoust Soc Am*. 2009 Feb;125(2):1091-102.
20. Hatzikirou H, Fitch WT, Herzel H. Voice Instabilities due to Source-Tract Interactions. *ACTA ACUSTICA UNITED WITH ACUSTICA*. 2006;92 468 – 75.
21. Becker S, Kniesburgues S, Muller S, Delgado A, Link G, Kaltenbacher M, et al. Flow-structure-acoustic interaction in a human voice model. *J Acoust Soc Am*. 2009 Mar;125(3):1351-61.
22. Tao C, Zhang Y, Hottinger DG, Jiang JJ. Asymmetric airflow and vibration induced by the Coanda effect in a symmetric model of the vocal folds. *J Acoust Soc Am*. 2007 Oct;122(4):2270-8.
23. Jiang JJ, Zhang Y, Stern J. Modeling of chaotic vibrations in symmetric vocal folds. *J Acoust Soc Am*. 2001 Oct;110(4):2120-8.
24. Tao C, Jiang JJ. Effects of mucosal loading on vocal fold vibration. *Chaos*. 2009 Jun;19(2):023113.
25. Tokuda IT, Horacek J, Svec JG, Herzel H. Comparison of biomechanical modeling of register transitions and voice instabilities with excised larynx experiments. *J Acoust Soc Am*. 2007 Jul;122(1):519-31.

26. Alipour F, Scherer RC. Vocal fold bulging effects on phonation using a biophysical computer model. *J Voice*. 2000 Dec;14(4):470-83.

1  
2  
3  
4  
5  
6  
7  
8  
9  
10  
11  
12  
13  
14  
15  
16  
17  
18  
19  
20  
21  
22  
23  
24  
25  
26  
27  
28  
29  
30  
31  
32  
33  
34  
35  
36  
37  
38  
39  
40  
41  
42  
43  
44  
45  
46  
47  
48  
49  
50  
51  
52  
53  
54  
55  
56  
57  
58  
59  
60  
61  
62  
63  
64  
65

Table(s)

**Table 1: Maximum and minimum intensities uttered by the subject 1 in sustained emissions . The values chosen for data collection were 52 dB to minimum intensity and 68 dB to maximum intensity.**

|               | Vowel<br>/ε/ | Lip Trill | Tongue<br>Trill | /v/ | /z/ | /s/ |
|---------------|--------------|-----------|-----------------|-----|-----|-----|
| Int. Min (dB) | 51           | 52        | 52              | <50 | <50 | 51  |
| Int. Máx (dB) | 85           | 70        | 71              | 68  | 70  | 71  |

**Table 2 - Coefficient of contact: number of samples, mean, standard deviation, minimum and maximum differences, median and significance of the emissions intensity of the low sustained vowel / ε / lip trill and tongue trill (Friedman)**

| Measure   | Task         | N  | Mean  | Standard Deviation | Minimum | Maximum | Median | Significance (p) |
|---|--------------|----|-------|--------------------|---------|---------|--------|------------------|
| Coefficient of Contact<br>– Intra-Subject Mean                  | /ε/          | 10 | 47,72 | 12,27              | 31,87   | 67,27   | 51,64  | 0,301            |
|   | Lip Trill    | 10 | 50,97 | 12,96              | 33,93   | 71,48   | 53,36  |                  |
|   | Tongue Trill | 10 | 52,25 | 9,55               | 37,50   | 67,76   | 54,43  |                  |
| Coefficient of Contact<br>– Inter-Subject<br>Standard Deviation | /ε/          | 10 | 3,12  | 3,40               | 0,88    | 12,18   | 1,99   | 0,020            |
|   | Lip Trill    | 10 | 6,55  | 3,12               | 3,86    | 12,63   | 5,34   |                  |
|   | Tongue Trill | 10 | 7,63  | 4,41               | 2,09    | 13,85   | 6,54   |                  |

**Table 3 - Comparison of automatic measurements of significant values, between pairs of lip trill and sustained vowel / ε / tongue trill and sustained vowel / ε / tongue trill and lip trill, in the low intensity emission (Stations signed rank test)**

| Measure  | Pairs                    | Significance (p) |
|--|--------------------------|------------------|
| Coefficient of contact - standard deviation Intra-subjects | Lip Trill- / ε /         | 0.059            |
|  | Tongue trill / ε /       | 0.037            |
|  | Lip trill – Tongue Trill | 0.508            |

**Table 4 - Measures automatic electroglottography: number of samples, mean, standard deviation, minimum and maximum differences, median and significance of the emissions-intensity of the vowel / ε / tongue and lip trill (Friedman)**

| Measure   | Task            | N  | Mean  | Standard Deviation | Minimum | Maximum | Median | Significance(p) |
|---|-----------------|----|-------|--------------------|---------|---------|--------|-----------------|
| Coefficient of Contact – Subject Mean               | of /ε/          | 10 | 50,71 | 6,90               | 38,47   | 56,07   | 54,52  | 0,007           |
|   | Intra-Lip Trill | 10 | 59,21 | 12,57              | 42,85   | 82,73   | 54,68  |                 |
|   | Tongue Trill    | 10 | 54,60 | 9,72               | 40,63   | 72,56   | 52,52  |                 |
| Coefficient of Contact – Subject Standard Deviation | of eee          | 10 | 1,62  | 0,84               | 0,77    | 3,17    | 1,39   | 0,020           |
|   | Inter-Lip Trill | 10 | 6,64  | 5,36               | 1,21    | 15,48   | 4,23   |                 |
|   | Tongue Trill    | 10 | 4,75  | 2,78               | 1,68    | 9,50    | 4,15   |                 |

**Table 5 - Comparison of automatic measurements of significant values, between pairs of tongue trill and sustained vowel / ε / tongue trill and the sustained vowel / ε / tongue trill and lip trill, in the low intensity emission (Stations signed rank test)**

| Measure   | Pairs                  | Significance(p) |
|---|------------------------|-----------------|
| Coefficient of Contact – Subject Mean               | Lip Trill-/ε/          | 0,013           |
|   | Tongue Trill-/ε/       | 0,139           |
|   | Tongue Trill-Lip Trill | 0,017           |
| Coefficient of Contact – Subject Standard Deviation | Lip Trill-/ε/          | 0,017           |
|   | Tongue Trill-/ε/       | 0,013           |
|   | Tongue Trill-Lip Trill | 0,114           |



Procurar e-mail

Pesquisar na web

[Mostrar opções de pesquisa](#)  
[Criar um filtro](#)

**Escrever e-mail**

Quartier Vila Mascote - TebelraDuarte.com.br/Quartier - Melhor lançamento da região 3 e 4 Doms - 108 a 146 m2

[Sobre este](#)

Entrada (1)

[Buzz](#)

[Com estrela](#)

[Enviados](#)

[Rascunhos](#)

[Pessoal](#)

[Viajem](#)

[Mais 6+](#)

[Contatos](#)

[Tarefas](#)

**Bate-papo**

Procure ou convide

- Gislaine Cordelro
- Definir seu status aqui
- s.oukier
- Arlindo Neto Montagnoli
- Guilherme Gama
- Marta Gabriela Cunha
- Maysa Tiberio Ubriq
- nellomatos
- Nelita Vasconcelos
- Flavio - C Design
- knemr
- knemr

[Opções](#) [Adicionar contato](#)

[Voltar para Caixa de entrada](#) [Arquivar](#) [Denunciar spam](#) [Excluir](#) [Mover para](#) [Marcadores](#) [Mais ações](#)

**A manuscript number has been assigned** Entrada x

Journal of Voice para mim, giscordelro

[mostrar detalhes](#) 16:06 (5 minutos atrás)

[Responder](#)

Ms. Ref. No.: JVOICE-D-10-00033

Title: Comparative analysis of the median and standard deviation of the coefficient of contact for lip and tongue trills in relation to the sustained vowel /-epsilon-/  
Journal of Voice

Dear Gislaine Cordelro,

Your submission entitled "Comparative analysis of the median and standard deviation of the coefficient of contact for lip and tongue trills in relation to the sustained vowel /-epsilon-/" has been assigned the following manuscript number: JVOICE-D-10-00033.

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

Your username is: gislainecordelro

If you need to retrieve password details please go to: [http://ees.elsevier.com/jvoice/authormail\\_query.asp](http://ees.elsevier.com/jvoice/authormail_query.asp)

Thank you for submitting your work to this journal.

Kind regards,

Robert T. Sataloff, MD, DMA, FACS  
Editor-in-Chief  
Journal of Voice

[Responder](#) [Responder a todos](#) [Encaminhar](#)

[Nova ja](#)

[Imprimi](#)

[Aparlame](#)

3 Doms (1  
Terrapço co  
jaoutinga.c

[Aparlame](#)

3 ou 2 Dor  
Pronto Par  
dialogo.co

[Lançame](#)

Apartamer  
2 e 3 dom  
www.ache

[Linka Pai](#)

Faça de C  
Anúncio Si  
Google.co

[Male Infor](#)

[Paper Sub](#)

[Paper Phy](#)

[ArticulaInc](#)

[URL Subn](#)

## **INTRODUÇÃO**

## 1. INTRODUÇÃO:

Os exercícios de vibração sonorizada são tradicionalmente utilizados na clínica fonoaudiológica para o tratamento de disfonias <sup>(1-6)</sup>, durante o aquecimento vocal e também como recurso dos diversos preparadores vocais <sup>(7-8)</sup>, para condicionamento vocal dos profissionais da voz (cantores, atores, dubladores, professores, advogados, entre outros). Embora existam várias modalidades desse exercício como gargarejo, fricativos sonoros, vibração sonorizada concomitante de língua e lábios, entre outras, a vibração sonorizada de língua e a vibração sonorizada de lábios são as mais comumente utilizadas <sup>(1-2, 4, 9-11)</sup>.

Na literatura, os primeiros relatos desses exercícios surgiram por volta da década de 70 e já nessa época, a vibração sonorizada de língua era considerada como “técnica universal”, ou seja, que tem a capacidade de modificar a qualidade vocal como um todo <sup>(12)</sup>.

Esses exercícios devem ser realizados com a língua (ou os lábios) e a mandíbula relaxadas e com o fluxo de ar coordenado para que a vibração possa acontecer <sup>(13)</sup>.

A vibração sonorizada de língua tem sua manutenção graças à interação entre a firmeza do corpo da língua, o controle da ponta, o fechamento glótico e o domínio da saída de ar pelos pulmões. O exercício deve ser realizado com as laterais do corpo da língua firmes nos alvéolos dentais e a ponta da língua posicionada na região da papila palatina, livre

para que possa vibrar <sup>(14)</sup>. Como resultado, há vibração de todo o trato vocal <sup>(9)</sup>.

Para que a vibração de lábios ocorra, estes devem estar firmes o suficiente para que haja a oclusão da passagem de ar e, ao mesmo tempo, relaxados, para que a pressão de ar vença sua resistência e assim haja a vibração <sup>(15)</sup>. Como na vibração sonorizada de língua, há interação entre o trato vocal, a vibração glótica e a saída de ar pelos pulmões <sup>(16)</sup>.

Durante esses exercícios, o órgão de vibração atua como uma válvula e cria diferenças oscilatórias de pressão externa e na cavidade atrás da constrição, o que produz diferenças na pressão, velocidade e volume de ar na cavidade oral, causando modificações na parede da faringe. Dessa maneira, para que a vibração de pregas vocais ocorra concomitante ao ponto de oscilação da cavidade oral, a pressão de ar subglótica deve ser maior do que na fonação normal <sup>(14)</sup>.

Para McGowan, as variações ocorridas na faringe durante a execução das vibrações sonorizadas de lábios podem aumentar a força de vibração da mucosa durante o movimento muco-ondulatório das pregas vocais <sup>(14)</sup>. Segundo Pinho e Pontes <sup>(4)</sup>, esses exercícios ativam o deslizamento da mucosa sobre as pregas vocais e aumentam o fluxo aéreo.

Alguns autores acreditam que a interação entre as forças mioelásticas e aerodinâmicas (da laringe e do trato vocal) promovem qualidade vocal normotensa e podem, portanto, ser utilizados tanto em patologias hipo quanto hipercinéticas <sup>(1, 5)</sup>.

A alta demanda vocal exige do profissional da voz grande preparo de todas as estruturas envolvidas na fonação, desde a respiração até a boa articulação e projeção de voz. Como a vibração sonorizada envolve o equilíbrio entre o órgão de vibração (ex. língua, lábios), o trato vocal, a laringe e a saída de ar do pulmão, a técnica acaba por se tornar uma das principais ferramentas no aquecimento e no preparo vocal desses profissionais <sup>(7, 17-18)</sup>.

Pinho e Pontes <sup>(4)</sup> indicam os exercícios nos casos de edema crônico, nódulos vocais e quadros hiperfuncionais. Entretanto, a utilização da técnica dirigida a quadros inflamatórios agudos e de estabelecimento recente poderia representar agravamento da fase inflamatória. No pós-cirúrgico imediato, pode dificultar a cicatrização.

Pesquisas que realizam análise perceptivo-auditiva, acústica e/ou laringoestroboscópica, pré e pós realização do exercício, em diversas situações e diferentes objetivos, indicam melhora da qualidade vocal e fisiológica no pós exercício <sup>(19-23)</sup>

Embora os efeitos finais dos exercícios de vibração sejam bem estudados, sua fisiologia ainda não foi comprovada. Existem na literatura modelos matemáticos que estudam as relações de pressão entre as cavidades oral, epilaríngica e subglótica durante a produção artificial dos exercícios que trabalham a oclusão anterior do trato vocal <sup>(16, 24)</sup>. Entretanto, ainda há grande escassez de pesquisas clínicas que realmente comprovem os efeitos deles na laringe durante a sua produção.

---

Nesse estudo, optamos por comparar a vibração cordal dos exercícios de vibração sonorizada de lábios e língua com a emissão da vogal /ε/, por essa ser considerada uma vogal aberta (com pouca constrição do trato vocal) <sup>(25-26)</sup>.

## **OBJETIVOS**

## 2. OBJETIVOS:

O objetivo deste trabalho é verificar se há diferença de vibração das pregas vocais de cantores líricos durante a emissão de vibrações sonorizadas de língua e lábios com a emissão da vogal /ε/ sustentada nos seguintes parâmetros:

- Amplitude máxima de vibração das pregas vocais
- Média e desvio padrão do coeficiente de contato

## **REVISÃO DE LITERATURA**

### **3. Revisão de Literatura:**

#### **3.1. Considerações relevantes sobre a fonação:**

##### **3.1.1. Teoria Fonte-Filtro**

A teoria fonte-filtro de produção de fala é um modelo matemático criado por Fant <sup>(27)</sup>, em 1970, e até hoje é referida como base para os novos modelos de produção vocal <sup>(28)</sup>.

De acordo com o autor, a onda de fala é resposta do sistema de filtro do trato vocal para uma ou mais produções de som. Existe uma relação direta entre os termos fonação e articulação da fonética, com fonte e filtro, descritos por essa teoria, nos quais os dois sistemas são considerados separadamente <sup>(27)</sup>.

A fonte é uma perturbação sobreposta pelo fluxo do ar respiratório, que causa fricção ou plosão, ou no caso da voz, pela modulação quase-periódica do fluxo de ar devido aos movimentos de abertura e fechamento das pregas vocais. Antes do estágio acústico da fonação, há a expiração de ar, que tem como principais parâmetros o volume de ar exalado por unidade de tempo e a pressão subglótica. A propriedade básica da produção de som é sua periodicidade. A voz pode ser definida como pulsação do fluxo de ar através da glote <sup>(27)</sup>.

De acordo com essa teoria, a função de filtro é independente da fonte, e é frequentemente referida como uma frequência dependente da razão da pressão na área do filtro pela pressão da produção do som ou sua velocidade. A abertura de lábios é considerada na teoria como um setor

separado na função de filtro. Dessa forma, a frequência do formante (harmônicos enfatizados pelo filtro) pode mudar somente como resultado de um efeito da mudança articulatória, que afeta as dimensões das várias partes da cavidade do trato vocal <sup>(27)</sup>.

### **3.1.1.1 Fonte: teorias da produção vocal**

O som produzido na laringe pelas pregas vocais é um processo complexo, não linear, causado por múltiplos fatores, incluindo fluxo de ar, propriedades geométricas e biomecânicas das pregas vocais <sup>(29)</sup>.

Existem várias teorias que tentam explicar esse processo, sendo muitas delas embasadas na teoria mioelástica aerodinâmica, muito estudada por Van den Berg em 1958 <sup>(30)</sup>.

Para que haja a fonação, os músculos intrínsecos da laringe colocam-se em adução e o fluxo de ar vence a força mioelástica das pregas vocais, iniciando o processo de vibração <sup>(31)</sup>.

Para Titze <sup>(32)</sup>, a coluna de ar é inerte e requer que a pressão da entrada de ar (borda inferior das pregas vocais) seja maior do que na saída (borda superior). Nesse mecanismo, o ar entra na glote mais rápido que a sua saída e conduz à pressão intraglótica positiva, que empurra as pregas vocais para fora. De acordo com a lei de continuidade, quando a área de um tubo diminui, a velocidade das partículas aumenta e, assim, diminui a pressão, causando o efeito de Bernoulli, que suga a mucosa para dentro. As

pregas vocais fazem um movimento convergente durante a abertura e divergente no fechamento, causando onda mucosa vertical.

É necessário, então, que haja um mínimo de pressão pulmonar, conhecido como limiar de pressão fonatória, para que se inicie a fonação. O limiar de pressão fonatória depende da viscosidade das pregas vocais, do tempo de variação do fluxo glótico e da acústica do trato vocal <sup>(32-35)</sup>.

Hirano <sup>(36)</sup> descreveu a estrutura das pregas vocais como epitélio, tecido conjuntivo (constituído de camada superficial, intermediária e profunda) e músculo vocal. Introduziu, então, a teoria corpo e cobertura, na qual a cobertura, composta pelo epitélio mais a camada superficial (mucosa), desliza sobre o corpo rígido, constituído pelas camadas intermediária, profunda (cone elástico) e músculo vocal.

O aumento na rigidez do corpo ou cobertura, geralmente aumenta o limiar de pressão fonatória e a frequência no início da fonação. O aumento da rigidez no corpo também reduz a amplitude de vibração e o movimento é gradualmente restrito para a superfície medial <sup>(31)</sup>.

Dessa forma, mudanças abruptas de frequência causam irregularidade na vibração, pela falta de interação das propriedades biomecânicas da laringe com o fluxo de ar <sup>(37)</sup>. Além disso, qualquer modificação (protuberâncias) na borda livre das pregas vocais altera a resistência do fluxo glótico, área e largura glótica máxima e a média da velocidade do volume glótico <sup>(38)</sup>.

Para Smarella e Queré <sup>(39)</sup>, a distribuição de pressão intraglótica é muito sensível à movimentação da parede glótica e determina a direção da ação da força na estrutura mecânica. A pressão sonora está relacionada à velocidade e ao volume do ar. O aumento do fluxo empurra o ponto da constrição para cima e promove a excursão da parede, fenômeno conhecido como fluxo de separação, que é altamente instável. A maior corrente em direção ao trato vocal é no meio da glote, que tem excursão ampla.

### 3.1.1.2 Filtro:

Alguns harmônicos produzidos pela fonte são amplificados de acordo com a configuração do filtro, formando envelopes espectrais, chamados formantes <sup>(40)</sup>. O comprimento do trato vocal os afeta diretamente e tratos vocais maiores enfatizam frequências mais graves e vice-versa. Os dois primeiros formantes são os responsáveis pela identidade das vogais e os três últimos pelo timbre pessoal <sup>(27, 40)</sup>.

Cada formante é produzido em um lugar diferente no trato vocal, sendo o primeiro produzido na cavidade oral posterior, modificado pela altura da língua e movimentação da mandíbula, e o segundo formante na região anterior, modificado pela movimentação ântero-posterior da língua <sup>(27)</sup>.

A vogal considerada neutra, em que as estruturas do trato vocal se mantêm abertas, tanto na cavidade oral anterior quanto na posterior, é a vogal /æ/ <sup>(25)</sup>. No Português brasileiro, as duas vogais mais próximas a essa seriam a vogal /a/ e a /ɛ/ <sup>(26)</sup>.

As vogais são geradas pelo sistema fonador, sem obstrução do trato vocal. Entretanto, durante os segmentos de fala, o trato vocal é obstruído parcial ou totalmente e emitem ruídos contínuos ou transientes, com ou sem a presença da fonte glótica, produzindo as consoantes <sup>(41)</sup>.

### 3.1.2 Interação Fonte-Filtro

Diferentemente da teoria fonte-filtro preconizada por Fant <sup>(27)</sup>, pesquisas têm demonstrado que a produção de voz não é independente do sistema ressonador, havendo forte interação entre fonte e filtro <sup>(32, 42)</sup>.

Os articuladores são um grupo de estruturas que trabalham em conjunto para manter a resistência do trato vocal durante a fonação. O sistema de fala tem grande capacidade de fazer ajustes articulatorios e respiratórios para a manutenção da aerodinâmica durante a produção das consoantes, principalmente das plosivas <sup>(43-44)</sup>.

Na fala, há grande variação de gestos articulatorios, que oferecem cargas acústicas diferentes, sendo a laringe hábil para controlar a frequência, intensidade e produção glótica <sup>(32)</sup>.

O sistema de fonte e filtro pode operar com acoplamento linear ou não-linear. No acoplamento linear, a impedância de produção (pressão transglótica dividida pelo fluxo glótico) é maior do que a impedância de entrada do trato vocal. Para que isso aconteça, as pregas vocais são firmemente aduzidas e o vestibulo laríngeo deve ser amplo, assim o fluxo glótico pode ser determinado estritamente pela aerodinâmica, sem interferências das pressões acima e abaixo da glote. No acoplamento não-

linear, a impedância da glote é comparável a do trato vocal e o fluxo glótico se torna altamente dependente da pressão do trato vocal, o que leva a condições específicas de adução e constrição do vestíbulo <sup>(45)</sup>.

O limiar de pressão de oscilação é afetado pela inércia e resistência supraglótica, ou seja, quanto maior a inércia, mais baixo é o limiar de pressão, e quanto mais alta a resistência, maior ele deve ser <sup>(32)</sup>.

A interação fonte-filtro é dividida em dois níveis. O primeiro nível é a interação do fluxo de ar com a pressão acústica do trato vocal. O parâmetro de interação é a média da área glótica dividida pela área efetiva dos tubos sub e supraglóticos. Dessa forma, se a impedância do vestíbulo laríngeo é aumentada, há um aumento na razão de declínio máximo do fluxo, diminuindo o limiar de pressão fonatória, com conseqüente aumento da intensidade. Os harmônicos podem ser aumentados ou diminuídos dependendo dessas mudanças <sup>(45)</sup>.

O segundo nível é realizado pelo aumento da frequência fundamental, ao redor dos formantes. Nesse caso, pode-se produzir instabilidades vocais, causadas pelas mudanças bruscas de reactância do trato vocal <sup>(45)</sup>.

A elevação da frequência pode levar a maior inércia, onde o acoplamento do trato vocal é muito grande. Nessas situações, observa-se instabilidade na oscilação das pregas vocais, devido ao feedback do trato vocal <sup>(46)</sup>.

Instabilidades ocorrem na constrição do tubo, quando a impedância reduzida leva a mudança da passagem glótica para um forte acoplamento. A

amplitude de vibração aumentada devido ao grande aumento da pressão subglótica implica em vibração não-linear e leva também a um forte feedback do trato vocal <sup>(47)</sup>.

Dessa forma, a oscilação das pregas vocais é consequência da interação entre o fluxo glótico, acústica supra e subglótica, além da troca de energia entre os tecidos arredores das pregas vocais <sup>(29)</sup>. O limiar de pressão fonatória, fluxo de separação e a frequência fundamental são sensíveis à configuração do trato vocal <sup>(31)</sup>.

### **3.2 Treinamento vocal:**

O objetivo do treinamento vocal é trazer a voz com melhor qualidade possível para o indivíduo, sendo essa de maior projeção e economia vocal <sup>(3, 13, 22-23)</sup>. Este é utilizado amplamente, desde em casos de patologias mais específicas como nódulos, alterações mínimas estruturais, presbifonia, paralisias vocais, entre outras, até em áreas mais abrangentes como na voz profissional (cantores, atores, dubladores, professores e outros) <sup>(2-4, 8, 48-51)</sup>.

Como efeito do treinamento vocal, percebe-se melhora da capacidade pulmonar, aumento da coordenação pneumofônica, melhora na extensão vocal e na razão fluxo/frequência, além de maior simetria de vibração, observada também na análise acústica <sup>(50-52)</sup>.

Podem ser utilizados nesses treinamentos exercícios globais como relaxamento, exercícios respiratórios, além dos exercícios vocais específicos para o caso <sup>(53)</sup>.

Um dos objetivos do uso dos sons facilitadores é intensificar a interação entre a laringe e o trato vocal supraglótico. Essa interação pode aumentar a intensidade, eficiência e economia vocal <sup>(16)</sup>.

Existem mudanças na impedância do trato vocal na oclusão parcial ou na extensão do tubo. Quanto maior a extensão do tubo ou a oclusão, maior a impedância. Exercícios que conduzem à oclusão completa do trato vocal, como o “b” prolongado, levam a uma grande impedância, e a voz é produzida num curto espaço de tempo. Exercícios de fricativos sonoros, como o bilabial [b:], embora também causem um aumento na pressão intraoral e conseqüentemente na impedância, têm carga um pouco menor <sup>(54)</sup>.

Estes exercícios fazem uma interação aerodinâmica-acústica, em que a pressão acústica do trato vocal afeta a forma do pulso glotal (modifica a amplitude e a quantidade de harmônicos por causa da interação de ressonância). Além disso, a pressão aumentada na supraglote influencia mecanicamente na vibração cordal. Se a pressão subglótica for igual ou próxima à supraglótica ( $F_0 = F_1$ ), a vibração do meio da prega vocal é suprimida e a forma da onda acaba por ser de dupla curva, o que possibilita fonação mais eficiente. Por causa desse fenômeno, o aumento da frequência fundamental, no limite da reactância, pode dificultar ou até suprimir a vibração <sup>(54)</sup>.

São considerados exercícios de trato vocal semiocluídos, vibrações de lábios e língua, humming, consoantes nasais, exercícios com tubos e

canudos, além dos fricativos sonoros, pois todos eles oferecem pressão intraoral, fazendo a interação da fonte e filtro <sup>(16)</sup>.

A mudança no limiar de pressão fonatória leva a ação mais uniforme do músculo tireoaritenóideo e aumenta a ativação dos cricoaritenóideos laterais <sup>(16, 54)</sup>. O vestíbulo laríngeo é um importante ressonador, que é de difícil controle, por isso indica-se que os exercícios sejam feitos da maior para a menor resistência e da parte anterior do trato vocal para a posterior <sup>(16)</sup>.

### **3.2.1 Exercícios de vibração:**

Os exercícios de vibração sonorizada são considerados como parte dos sons facilitadores <sup>(1)</sup> e podem ser utilizados nos tratamentos de patologia hiper ou hipocinética <sup>(1, 5-6, 13, 53)</sup>, bem como no aquecimento vocal <sup>(2-4, 7-8, 18, 53)</sup>. Assim, são amplamente divulgados entre os preparadores vocais, incluindo os fonoaudiólogos, professores de canto, de teatro e outros <sup>(7, 18)</sup>.

A vibração de língua e lábios tem o mesmo princípio da teoria de massa das pregas vocais: há oclusão da parte anterior do trato vocal pela ponta da língua ou pelos lábios. A pressão intraoral torna-se maior do que a pressão atmosférica e vence a força de fechamento anterior. A oclusão é aberta e em seguida “sugada” pela velocidade do fluxo aéreo <sup>(14)</sup>.

Para Gaskill e Erickson <sup>(15)</sup>, o que diferencia a vibração de lábios de outros exercícios que focam a parte anterior do trato vocal é que esse é o único que promove oclusão e não oclusão de lábios (sem diminuição de tônus muscular), criando baixa frequência de vibração dos lábios, em adição à frequência das pregas vocais. Portanto, o fluxo aéreo e a pressão

subglótica devem ser adequados para que ocorra as duas vibrações, o que daria sobrecarga única para as pregas vocais.

Segundo Pinho e Pontes <sup>(4)</sup>, a técnica ativa o deslizamento da mucosa sobre as pregas vocais e provoca o aumento do fluxo aéreo durante a emissão.

Em vozes normais, a vibração sonorizada de língua propicia melhor amplitude de vibração das pregas vocais, redução das fendas glóticas <sup>(20)</sup> e causa melhora na avaliação perceptivo-auditiva e acústica, resultando em menor *shimmer*, maior relação harmônico-ruído, aumento na amplitude dos harmônicos e diminuição dos ruídos <sup>(9, 21)</sup>. Durante o exercício, o arcabouço laríngeo vibra como um todo e há constrição ântero-posterior da faringe <sup>(55)</sup>.

Os fonoaudiólogos utilizam a técnica de vibração de língua, principalmente quando há diagnóstico de nódulos vocais <sup>(55)</sup>. Além disso, pode ser utilizado para quadros de edema crônico e quadros hiperfuncionais <sup>(4)</sup>, e alguns autores também indicam diante dos casos hipofuncionais <sup>(1-2, 5)</sup>.

De acordo com Manieka-Aleksandrovix <sup>(19)</sup>, após levantamento de dados com 500 pacientes afônicos por disfonia psicogênica, o gargarejo é um dos exercícios utilizados para o retorno da voz desses pacientes no primeiro dia de terapia.

Segundo Rodrigues <sup>(20)</sup>, há melhora na qualidade vocal em laringectomizados fronto-laterais com reconstrução de Bayle após os exercícios de vibração sonorizada de língua. Para a autora, a melhora é

causada pelo aumento da tensão fonatória, que gera maior estabilidade e melhor projeção vocal.

Casper <sup>(23)</sup> inclui esse exercício como recurso terapêutico diante das paralisias de pregas vocais e depois dos casos pós-cirúrgicos <sup>(22)</sup>.

O exercício é contraindicado diante de quadros inflamatórios agudos e de estabelecimento recente, pois poderia representar agravamento da fase inflamatória. No pós-cirúrgico imediato, pode dificultar a cicatrização <sup>(4)</sup>, e nos casos de papilomatose pode estimular a disseminação da doença <sup>(49)</sup>.

Após a execução da técnica, a frequência fundamental é aumentada, a espectrografia de banda larga e estreita é melhorada e o fechamento glótico e a amplitude e simetria de vibração são maiores, de modo que provoca modificações sobre a fonte glótica e o filtro ressonantal <sup>(9)</sup>.

É possível que a vibração sonorizada cause mudança da impedância do trato vocal, como no exercício do “b prolongado”, mas com a permissão do escape de ar <sup>(54)</sup>.

Estudos feitos com eletroglotografia mostram coeficiente de fechamento reduzido em aproximadamente 50% durante a execução do exercício de vibração de lábios, quando comparado à emissão da vogal /a/ antes e depois do exercício. Essa mudança é mais evidente em indivíduos não treinados. Os autores acreditam que a interação mecânica da fonte e filtro, associada com menor adução do processo vocal, sejam responsáveis por esses resultados <sup>(15)</sup>.

Ao estudar a técnica de vibração sonorizada de lábios e língua em um único sujeito, Pinho e Pontes <sup>(4)</sup> observam amplitude de vibração das pregas vocais maior durante a execução dos exercícios, quando comparados à execução de vogal prolongada, na mesma intensidade. Nessa situação, quando feita análise eletroglotográfica, os autores relatam também coeficiente de contato maior durante a execução dos exercícios.

Atualmente, os trabalhos têm discutido a melhor prescrição do exercício (tempo de eficácia e número de repetições/sessão) para cada ocasião. Menezes *et al.* <sup>(10)</sup> sugerem que a emissão seja realizada no máximo três minutos para mulheres e cinco minutos para os homens.

Para Schwarz <sup>(9)</sup>, é importante considerar a resistência vocal de cada indivíduo na prescrição. Nessa pesquisa os indivíduos fizeram três séries de quinze repetições, com intervalo de 30 segundos em cada série de repouso passivo e ainda assim obtiveram melhora da qualidade vocal depois do exercício.

## **CASUÍSTICA E MÉTODO**

## **4 CASUÍSTICA E MÉTODO:**

### **4.1 Aspectos éticos:**

Esta pesquisa foi aprovada sob protocolo de número 907/06, pela Comissão 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 14 de fevereiro de 2007 (Anexo 1).

Todos os sujeitos envolvidos na pesquisa assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.

### **4.2.Casuística**

Para o presente estudo foram avaliados 14 sujeitos, sendo 7 homens e 7 mulheres, que seguiram os seguintes critérios de inclusão e exclusão:

- Critérios de inclusão: cantores líricos profissionais saudáveis, com domínio laríngeo e das técnicas de vibração sonorizada de lábios e de língua e sem lesões de pregas vocais.

- Critérios de exclusão: tempo inferior de três anos no canto profissional, queixas de voz cantada ou falada, coaptação glótica incompleta, intolerância ao exame de laringe.

Assim, foram excluídos do estudo 4 sujeitos, sendo um de gênero masculino e um feminino com intolerância do exame laríngeo, um de gênero

masculino com tempo inferior de 3 anos (1 ano e 6 meses) como cantor profissional e um de gênero feminino com queixa de voz falada.

Assim, entraram nas análises 10 cantores, de acordo com as características mostradas na Tabela 1:

Tabela 1 - Característica dos indivíduos incluídos na casuística

| Sujeito | Sexo | Idade | Tempo de Canto Profissional | Classificação Vocal |
|---------|------|-------|-----------------------------|---------------------|
| 1       | F    | 24    | 4                           | Soprano             |
| 2       | F    | 45    | 20                          | Soprano             |
| 3       | F    | 30    | 3                           | Mezzo-soprano       |
| 4       | F    | 30    | 4                           | Mezzo-soprano       |
| 5       | F    | 48    | 15                          | Contralto           |
| 6       | M    | 29    | 5                           | Tenor               |
| 7       | M    | 27    | 6                           | Tenor               |
| 8       | M    | 33    | 12                          | Barítono            |
| 9       | M    | 34    | 15                          | Barítono            |
| 10      | M    | 38    | 18                          | Baixo               |

## 4.3 Método

### 4.3.1 Preparação para coleta de dados

Antes do início da coleta de dados foi extraída a extensão vocal de cada sujeito. Entende-se como extensão vocal a distância entre o menor e o maior tom possível de ser produzido pelo indivíduo, excluindo-se o vocal fry e incluindo o falsete <sup>(2)</sup>.

Desse procedimento, foi selecionado o 5º tom acima do mais grave possível de ser produzido pelo sujeito <sup>(56)</sup>. Então, solicitou-se aos indivíduos

que emitissem, nesse tom e com laringe baixa, a vogal /ε/ sustentada, a vibração sonorizada de lábios e língua, além dos fricativos sonoros /v/, /z/ e /ʒ/, na máxima e mínima intensidade possíveis de serem produzidos. No intuito de uniformizar as intensidades durante a execução dos exercícios foi escolhida a menor intensidade das máximas e a maior das mínimas, conforme exemplo na Tabela 2, para o treino dos exercícios e coleta de dados.

Os fricativos sonoros foram utilizados na metodologia, pois a emissão mínima da maior intensidade é emitida, normalmente, por um desses exercícios e assim, os indivíduos poderiam realizar os exames de forma confortável e não entrariam em fadiga ou aperiodicidade vocal pelo uso do limiar máximo de fonação <sup>(57)</sup> durante a execução dos exercícios de vibração sonorizada.

**Tabela 2 - Intensidades máximas e mínimas emitidas pelo sujeito 1 nas emissões sustentadas. Os valores escolhidos para coleta de dados foram 52 dB para intensidade mínima e 68 dB para intensidade máxima**

|               | Vogal<br>/ε/ | Vibração<br>de lábios | Vibração<br>de língua | /v/ | /z/ | /ʒ/ |
|---------------|--------------|-----------------------|-----------------------|-----|-----|-----|
| Int. Min (dB) | 51           | 52                    | 52                    | <50 | <50 | 51  |
| Int. Máx (dB) | 85           | 70                    | 71                    | 68  | 70  | 71  |

Para extração da extensão vocal, pesquisa e manutenção do tom ideal, foi utilizado teclado de marca Casio, modelo VL-Tone-VL1. A intensidade foi medida por meio de um decibelímetro de marca RadioShack modelo 33-2055, a 30 cm da comissura labial do cantor.

Após esse procedimento, os cantores foram treinados individualmente a realizar cada emissão no tom solicitado, intensidade selecionada (variação máxima de 2dB), com mínimo esforço, manutenção da posição da laringe e duração maior ou igual a 10 segundos.

O treino foi realizado com ajuda de um fonoaudiólogo especialista em voz, num primeiro encontro antes da coleta de dados. No dia da coleta de dados as tarefas fonatórias foram repetidas, antes de cada exame, que foi marcado previamente com o cantor e os examinadores.

No dia marcado, os cantores não poderiam estar gripados, com redução no sono, fadiga ou alteração vocal. Para tal, antes de marcar a primeira avaliação, aos sujeitos foram informados os objetivos e as condições da pesquisa.

#### **4.3.2 Coleta e análise dos dados**

Os indivíduos foram submetidos à nasofibroestroboscopia por um otorrinolaringologista experiente do ambulatório do Grupo de Voz da Divisão de Clínica Otorrinolaringológica do HC-FMUSP e à eletroglotografia pelo Centro de Especialização em Fonoaudiologia Clínica (CEFAC).

Os exames foram realizados em dias diferentes para que o cantor não entrasse em fadiga vocal.

Durante a execução das avaliações, solicitou-se aos sujeitos que emitissem a vogal /ε/ prolongada e as vibrações sonorizadas de língua e

lábios pelo maior tempo possível, na frequência (5º tom acima do mais grave) e intensidades solicitadas (menor das máximas e maior das mínimas), nos mesmos padrões do treino feito previamente.

A frequência foi controlada pelo próprio cantor, por meio do mesmo teclado utilizado no treino, e a intensidade por meio do decibelímetro a 30 cm da comissura labial, controlada por uma fonoaudióloga dentro da sala de exame.

A comparação foi intrassujeitos. Da mesma forma que as emissões de intensidade fraca, as de intensidade forte foram comparadas somente entre elas.

#### **4.3.2.1 Nasofibroestroboscopia:**

A nasofibroestroboscopia foi escolhida para medir a amplitude de vibração das pregas vocais durante a execução dos exercícios.

Para a nasofibroestroboscopia, os cantores foram orientados a sentar-se com o quadril bem apoiado na cadeira. A cabeça foi mantida reta, com queixo a 90º do pescoço. Para que a cabeça se mantivesse fixa, o exame foi realizado numa cadeira com apoio de cabeça, ajustado ao tamanho do indivíduo e associado a uma espuma encapada com tecido confortável, medindo 14 cm de largura, 10 cm de altura e 7 cm de profundidade. Além disso, uma faixa foi amarrada entre a testa do cantor e a parte de trás do encosto da cadeira (figura 1).



**Figura 1 - Imagem de uma cantora realizando nasofibroestroboscopia**

As imagens estroboscópicas da vibração das pregas vocais foram obtidas mediante estroboscópio Bruel e Kjaer tipo 4914 e capturadas por meio de um fibroscópio de laringe Machida de 3.2 mm, modelo ENT-30PIII (Tokyo, Japan), posicionado de modo que a região das cartilagens aritenóideas e as pregas vocais fossem expostas por inteiro. Além disso, a movimentação do ângulo ou da distância de gravação durante a documentação deveria ser mínima. Para tal, o médico otorrinolaringologista manteve o nasofibroscópio apoiado entre o polegar e o dedo médio, e o dedo indicador apoiado na ponta do nariz do sujeito, conforme a figura 1.

O fibroscópio foi conectado a uma câmera Toshiba CCD modelo IK-M41A e as imagens salvas em um vídeo cassete Panasonic modelo NV-FS90 videotape records, sistema NTSC.

As imagens foram digitalizadas em um computador de marca Dell, modelo Inspiron 1525, com processador Intel Pentium Duo CPU

T2370@1.73 GHz, com 2 GB de memória RAM e sistema operacional de 32 Bits. Para tal, utilizou-se placa de captura de vídeo da marca Pinnacle, modelo PCTV Pro USB e o software Studio QuickStart, versão 10.8, da Pinnacle.

As imagens digitalizadas foram analisadas quadro a quadro e extraídas, de cada sujeito, fotos nos momentos de maior amplitude, das seguintes emissões:

- Fraco: /ε/ prolongado – 5 fotos; vibração sonorizada de lábios – 3 fotos; vibração sonorizada de língua – 3 fotos.
- Forte: /ε/ prolongado – 5 fotos; vibração sonorizada de lábios – 3 fotos; vibração sonorizada de língua – 3 fotos.

As fotos foram tratadas no Software Adobe Photoshop CS2, versão 9.0, onde foi obtida melhor visibilização da amplitude de vibração cordal e dos limites da região da cartilagem aritenóidea direita, conforme Figuras 2a e 2b.

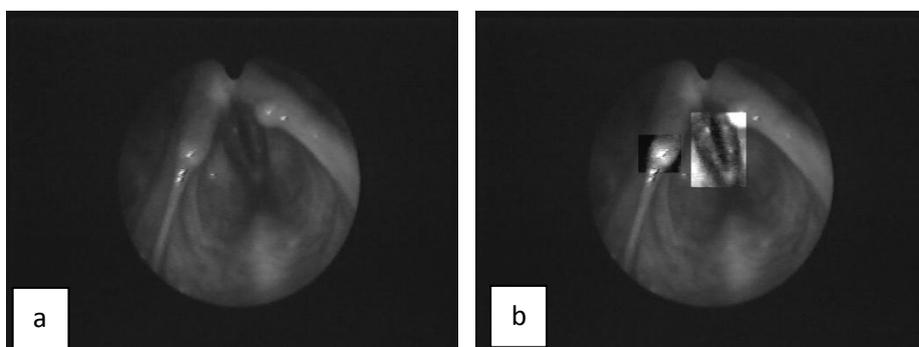


Figura 2 - Fotografia da máxima amplitude de vibração das pregas vocais, durante vibração sonorizada de lábios – a. sem tratamento da imagem / b. com tratamento da imagem.

Para medir a amplitude máxima de vibração, após tratamento, as imagens foram importadas para o Software X-Cade 2.0, criado pelo Engenheiro Dr. Arlindo Neto Montagnoli da Faculdade de Engenharia Elétrica da Universidade Federal de São Carlos, para esta pesquisa. Ao todo foram extraídas medidas de 220 fotos.

Com a finalidade de diminuir erros de medidas causadas pela variação de distâncias decorrente da movimentação do nasofibroscópio, foi realizada a medida do comprimento da estrutura anatômica, junto à região aritenóidea, correspondente à cartilagem cuneiforme revestida pela mucosa, que foi utilizada como referência comparativa. Essa estrutura foi escolhida por não mudar a sua configuração de acordo com a tarefa fonatória.

Dessa forma, primeiramente extraiu-se a medida do maior diâmetro dessa estrutura, que foi transformada automaticamente pelo software em referência comparativa para obter a medida da amplitude de vibração. Assim, quando referimos a amplitude de vibração como sendo "0,5", este significa que o valor da amplitude corresponde à metade da medida da região correspondente à cartilagem cuneiforme (Figura 3).

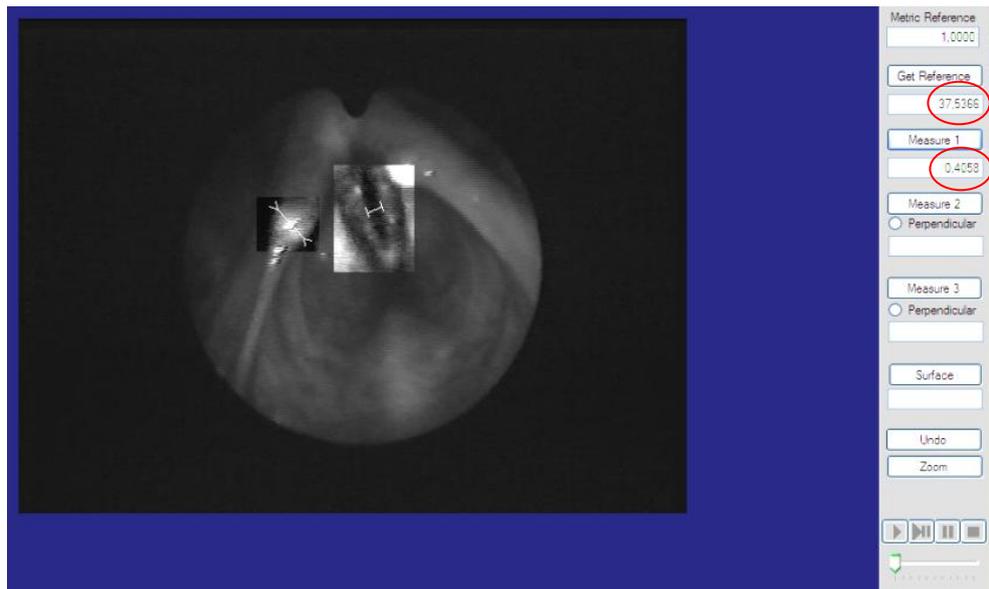


Figura 3 - Software X-Cade. Medida da amplitude corresponde a 0,4 o valor da medida da aritenóide

Todas as medidas foram extraídas de forma cega por um único avaliador, que fez uma “autocalibração” para cada sujeito do estudo, ou seja, antes de considerar a medida como válida, o avaliador extraiu várias vezes os valores das imagens de um mesmo sujeito, até que para uma mesma imagem, as medidas fossem idênticas no mínimo duas casas decimais.

As imagens de cada sujeito eram medidas sem interrupções. Caso contrário, reiniciava-se o processo de calibração e extração de medidas daquele sujeito.

Os dados foram tabulados e inseridos no banco de dados para posterior análise estatística.

#### 4.3.2.2 Eletroglotografia:

Para a coleta do sinal eletroglotográfico, os indivíduos foram encaminhados à cabine acústica dentro de uma sala silenciosa, no

Laboratório de Voz e Fala do Centro de Estudos em Fonoaudiologia Clínica (CEFAC). O eletroglotógrafo utilizado foi o EG2 da *Glottal Enterprises*.

O eletroglotógrafo foi conectado à interface Behringer BCA2000, ligada a um microcomputador com processador AMD Centron 1.66Gb.

Solicitou-se aos indivíduos que retirassem do pescoço e cabeça qualquer objeto metálico e que sentassem de forma ereta, numa cadeira com posicionador de cabeça. Para segurança dos sujeitos, foi posicionado sob a cadeira um tapete de borracha.

A região do pescoço foi higienizada com papel seco do tipo “toalha”. Aplicou-se uma camada fina de gel condutivo hipoalergênico nos eletrodos (*Spectra 360 Parker Laboratories*), que foram acoplados na região das alas da cartilagem tireóidea e presos com uma fita de velcro envolvendo todo o pescoço. Para certificar que os eletrodos estivessem em posicionamento adequado, foi solicitada emissão da vogal prolongada e da vibração sonorizada de língua e verificada a presença de luz verde na posição central da opção *Electrode Placement/Laryngeal Movement*. A presença do sinal foi verificada por meio do indicador *Signal*.

Para a gravação do sinal, foi selecionada a opção de sinal VFCA (*Vocal Fold Contact Area*) e a opção de ganho alto ou baixo do aparelho foi determinada por meio do monitoramento do sinal pelo indicador *Signal*.

O sinal foi registrado e editado no computador por meio do Software Soundforge 7.0 em frequência de amostragem de 22.050Hz e resolução de 16bits, com extensão wav.

As amostras eletroglotográficas foram submetidas ao processo de filtragem passa-alta com o uso do programa *delay0.bat* <sup>(58)</sup>.

Para a análise, primeiramente, as ondas foram classificadas por duas fonoaudiólogas experientes em análise eletroglotográfica e um engenheiro, de acordo com a proposta de Vieira <sup>(58)</sup> como:

1. Livre de ruídos evidentes
2. Intensidade aumentada, mas com ruídos visíveis
3. Excitação irregular
4. Impossível de análise numérica

Entraram para o estudo somente as ondas que obtiveram notas 1 e 2. Para a extração das medidas automáticas, foi utilizado o instrumento desenvolvido por Vieira <sup>(58)</sup>, disponibilizado para essa pesquisa. Foram medidas a média e o desvio padrão do coeficiente de contato de cada tarefa.

O coeficiente de contato é a razão entre a fase fechada pelo ciclo inteiro da onda eletroglotográfica (figura 4). A média do coeficiente de contato é a medida de cada onda eletroglotográfica, dividido pelo número de ondas analisadas pelo software. O desvio padrão é a variação dessa medida no decorrer do tempo.

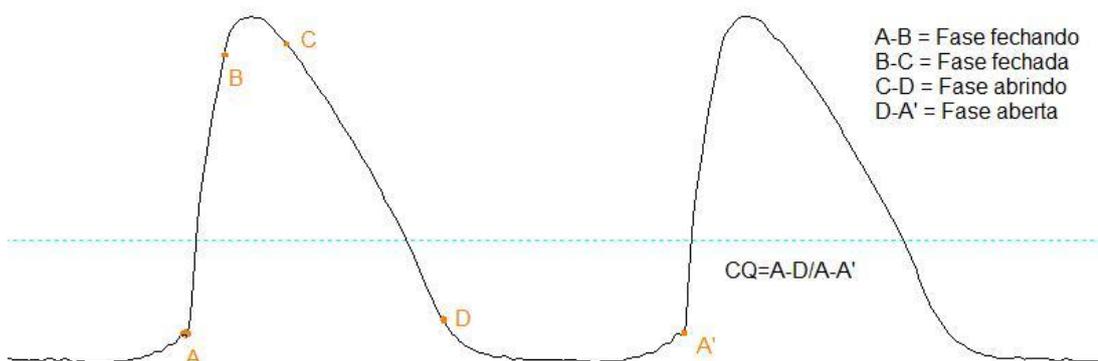


Figura 4 - Fases da onda eletroglotográfica e coeficiente de contato

### 3.4 Análise estatística:

Para análise dos resultados, foi adotado o nível de significância de 5% (0,050), para aplicação dos testes estatísticos.

Foi utilizado o programa SPSS (Statistical Package for Social Sciences), na versão 13.0, para obtenção dos resultados. O teste utilizado foi o *Friedman*, com intuito de verificar diferenças entre /ε/, vibração sonorizada de lábios e língua. Para os casos em que a diferença foi significativa estatisticamente, foi aplicado o *Teste dos Postos Sinalizados de Wilcoxon*, com o intuito de identificar os tipos que diferem entre si.

Na apresentação dos resultados, foram considerados os valores de média e desvio padrão **intrassujeitos** as medidas extraídas automaticamente pelo Software de análise, enquanto que os valores obtidos pela análise estatística desses resultados foram considerados como **interssujeitos**.

**RESULTADOS**

## 4 RESULTADOS

### 4.1 Nasolaringoestroboscopia

Durante a extração dessas medidas, em alguns casos, diferentemente da emissão da vogal /ε/, foi observada dificuldade de sincronia da luz estroboscópica durante a execução dos exercícios de vibração sonorizada de lábios e língua, por isso, ao tirar as fotos, nessas tarefas, foram selecionados apenas os momentos dos ciclos em que a máxima abertura do ciclo estava evidente.

Embora o médico otorrinolaringologista tenha mantido o endoscópio na mesma posição, observou-se proximidade e distanciamento da imagem da laringe em relação ao endoscópio devido à movimentação laríngea. Das 220 fotografias analisadas, 163 (74%) estavam distantes do nasofibroscópio e das 57 (26%) imagens restantes, em que o nasofibroscópio estava próximo da região da cartilagem cuneiforme, 11 (5%) foram de emissões da vogal sustentada, 19 (9%) de vibração sonorizada de lábios e 27 (12%) de vibrações sonorizadas de língua.

Os achados das medidas de amplitude de vibração cordal estão apresentados nas Tabelas 3, 4, 5 e 6 e ilustrados nas Figuras 5, 6, 7 e 8:

### 4.1.1 Fraca intensidade

Tabela 3 - Medida da amplitude máxima de vibração cordal durante a emissão da vogal /ε/ sustentada, quando comparada às emissões de vibrações sonorizadas de língua e lábios em fraca intensidade (Friedman)

| Amplitude de vibração         | N  | Média | Desvio-padrão | Mínimo | Máximo | Mediana | Significância (p) |
|-------------------------------|----|-------|---------------|--------|--------|---------|-------------------|
| /ε/                           | 10 | 0,11  | 0,03          | 0,06   | 0,16   | 0,11    |                   |
| Vibração sonorizada de lábios | 10 | 0,17  | 0,06          | 0,10   | 0,32   | 0,16    | 0,002             |
| Vibração sonorizada de língua | 10 | 0,15  | 0,04          | 0,08   | 0,21   | 0,16    |                   |

Tabela 4 - Comparação par a par entre a vogal /ε/, vibração de lábios e vibração de língua, em fraca intensidade (Postos Sinalizados de Wilcoxon)

| Amplitude de vibração/Pares                                   | Significância (p) |
|---|-------------------|
| vibração sonorizada de lábios - /ε/                           | 0,007             |
| vibração sonorizada de língua - /ε/                           | 0,005             |
| vibração sonorizada de língua – vibração sonorizada de lábios | 0,677             |

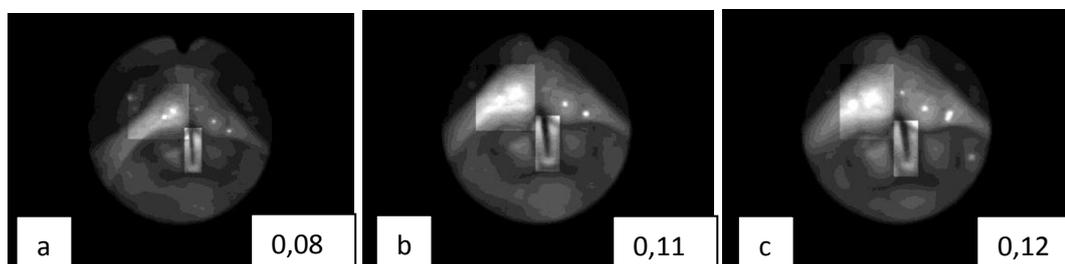


Figura 5 - Amplitude máxima da vibração cordal durante a nasofibroscopia em relação à cartilagem cuneiforme, nas fracas intensidades - a. emissão da vogal /ε/ sustentada (0,08) / b. emissão sustentada da vibração sonorizada de lábios (0,11) / c. emissão d

### 4.1.2 Forte intensidade

Tabela 5 - Medida da amplitude máxima de vibração cordal durante a emissão da vogal /ε/ sustentada, quando comparada às emissões de vibrações sonorizadas de língua e lábios em forte intensidade (*Friedman*)

| Amplitude de vibração         | N  | Média | Desvio-padrão | Mínimo | Máximo | Mediana | Significância (p) |
|-------------------------------|----|-------|---------------|--------|--------|---------|-------------------|
| /ε/                           | 10 | 0,16  | 0,05          | 0,11   | 0,30   | 0,15    |                   |
| Vibração sonorizada de lábios | 10 | 0,29  | 0,08          | 0,16   | 0,40   | 0,30    | 0,001             |
| Vibração sonorizada de língua | 10 | 0,26  | 0,12          | 0,15   | 0,50   | 0,21    |                   |

Tabela 6 - Comparação par a par entre a vogal /ε/, vibração de lábios e vibração de língua, em forte intensidade (*Postos Sinalizados de Wilcoxon*)

| Amplitude de vibração                                       | Significância (p) |
|---|-------------------|
| vibração sonorizada de lábios-/ε/                           | 0,005             |
| vibração sonorizada de língua-/ε/                           | 0,005             |
| vibração sonorizada de língua-vibração sonorizada de lábios | 0,308             |

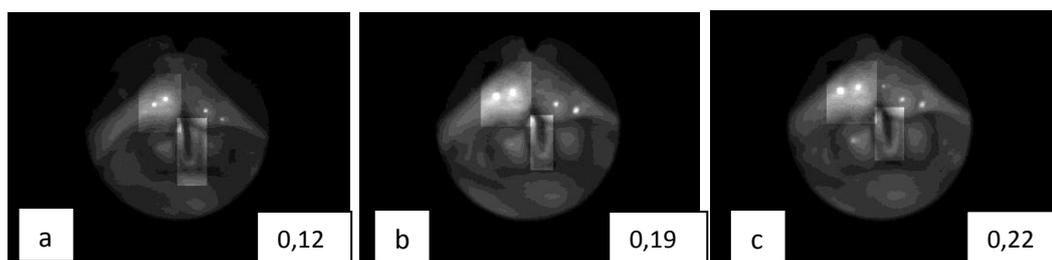


Figura 6 - Amplitude máxima da vibração cordal durante a nasofibroestroboscopia em relação à medida da cartilagem cuneiforme, nas fortes intensidades - a. emissão da vogal /ε/ sustentada (0,12%) / b. emissão sustentada da vibração sonorizada de lábios (0,19) / c. emissão da vibração sonorizada de lábios (0,22)

Nota-se que tanto durante a emissão em forte como em fraca intensidade, os valores foram estatisticamente diferentes, com significância menor do que 1%. Os testes estatísticos mostram diferenças entre a amplitude máxima de vibração da vogal /ε/ sustentada e das vibrações sonorizadas, tanto de lábios como de língua, entretanto não há diferença significativa das vibrações entre si.

#### **4.2 Eletroglotografia (EGG) – Coeficiente de contato**

Todas as ondas eletroglotográficas estavam entre as notas 1 e 2, de acordo com os critérios de Vieira <sup>(58)</sup>, e estavam portanto, aptas para a extração de medidas automáticas.

Foram considerados os valores de média e desvio padrão do coeficiente de contato intrassujeitos aqueles extraídos automaticamente pelo Software de análise da onda eletroglotográfica, considerados como variáveis desse estudo, expostos no eixo vertical das tabelas. A média e o desvio padrão do eixo horizontal estão relacionados ao valor intersujeitos, extraídos do teste estatístico.

Abaixo, nas Tabelas 7, 8, 9 e 10 e nas Figuras 9, 10, 11 e 12 estão listados os resultados da extração da média e do desvio padrão intrassujeitos do coeficiente de contato.

### 4.2.1 Fracas intensidades

**Tabela 7 - Coeficiente de contato: número de amostras, média, desvio padrão, diferenças mínima e máxima, mediana e significância entre as emissões em fraca intensidade da vogal /ε/ sustentada, vibração de lábios e vibração de língua (Friedman)**

| Medida  | Tarefa                        | N  | Média | Desvio-padrão | Mínimo | Máximo | Mediana | Significância (p) |
|---|-------------------------------|----|-------|---------------|--------|--------|---------|-------------------|
| Coeficiente de contato – Média Intrassujeitos         | /ε/                           | 10 | 47,72 | 12,27         | 31,87  | 67,27  | 51,64   | 0,301             |
|   | vibração sonorizada de lábios | 10 | 50,97 | 12,96         | 33,93  | 71,48  | 53,36   |                   |
|   | vibração sonorizada de língua | 10 | 52,25 | 9,55          | 37,50  | 67,76  | 54,43   |                   |
| Coeficiente de contato - Desvio Padrão Intrassujeitos | /ε/                           | 10 | 3,12  | 3,40          | 0,88   | 12,18  | 1,99    | 0,020             |
|   | vibração sonorizada de lábios | 10 | 6,55  | 3,12          | 3,86   | 12,63  | 5,34    |                   |
|   | vibração sonorizada de língua | 10 | 7,63  | 4,41          | 2,09   | 13,85  | 6,54    |                   |

**Figura 7 - Box plot da média intrassujeitos do coeficiente de contato, durante a execução da vogal /ε/ sustentada, vibração de lábios e vibração de língua em fraca intensidade. Cada caixa representa mediana, interquartis e valores extremos dentro de uma categoria. Outliers estão representados como asteriscos. Valor de p obtido do Friedman**

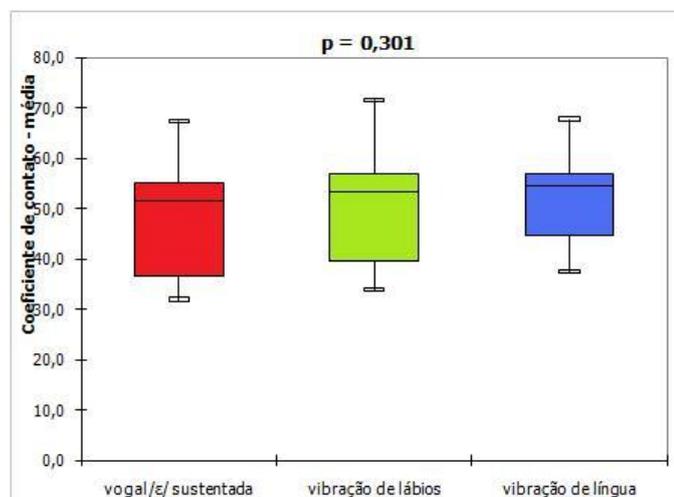


Figura 8 - Box plot do desvio padrão intrassujeitos do coeficiente de contato, durante a execução da vogal /ε/ sustentada, vibração de lábios e vibração de língua em fraca intensidade. Cada caixa representa mediana, interquartis e valores extremos dentro de uma categoria. Outliers estão representados como asteriscos. Valor de p obtido do *Friedman*

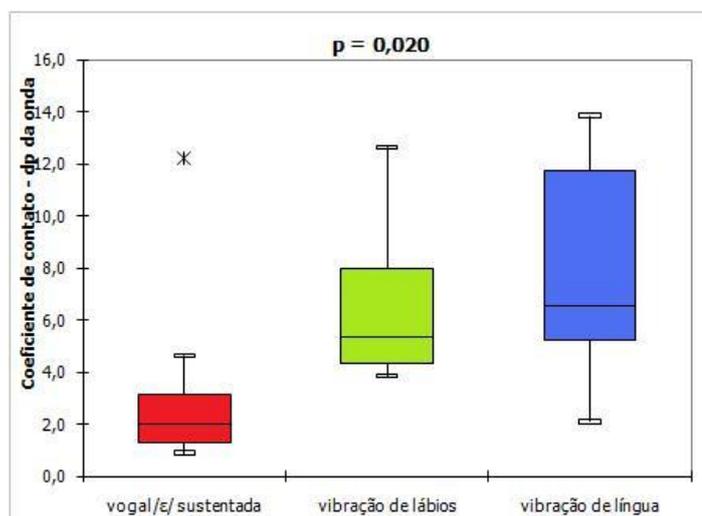


Tabela 8 - Comparação das medidas automáticas de valores significantes, entre os pares de vibração de lábios e vogal /ε/ sustentada, vibração de língua e vogal /ε/ sustentada, vibração de língua e vibração de lábios, na emissão de fraca intensidade (*Postos Sinalizados de Wilcoxon*)

| Medida  | Pares   | Significância (p) |
|---|---|-------------------|
| Coeficiente de contato – Desvio padrão Intrassujeitos | vibração sonorizada de lábios-/ε/                           | 0,059             |
|   | vibração sonorizada de língua-/ε/                           | <b>0,037</b>      |
|   | vibração sonorizada de língua-vibração sonorizada de lábios | 0,508             |

## 4.2.2 Fortes intensidades

Tabela 9 - Medidas automáticas eletroglotográficas: número de amostras, média, desvio padrão, diferenças mínima e máxima, mediana e significância entre as emissões em forte intensidade da vogal /ε/ sustentada, vibração de lábios e vibração de língua (*Friedman*)

| Medida  | Tarefa                        | N  | Média | Desvio-padrão | Mínimo | Máximo | Mediana | Significância (p) |
|---|-------------------------------|----|-------|---------------|--------|--------|---------|-------------------|
| Coeficiente de contato – Média Intrassujeitos         | /ε/                           | 10 | 50,71 | 6,90          | 36,47  | 56,07  | 54,52   | 0,007             |
|   | vibração sonorizada de lábios | 10 | 59,21 | 12,57         | 42,85  | 82,73  | 54,68   |                   |
|   | vibração sonorizada de língua | 10 | 54,60 | 9,72          | 40,63  | 72,56  | 52,52   |                   |
| Coeficiente de contato - Desvio Padrão Intrassujeitos | eee                           | 10 | 1,62  | 0,84          | 0,77   | 3,17   | 1,39    | 0,020             |
|   | vibração sonorizada de lábios | 10 | 6,64  | 5,36          | 1,21   | 15,48  | 4,23    |                   |
|   | vibração sonorizada de língua | 10 | 4,75  | 2,78          | 1,68   | 9,50   | 4,15    |                   |

Figura 9 - Box plot da média intrassujeitos do coeficiente de contato, durante a execução da vogal /ε/ sustentada, vibração de lábios e vibração de língua em forte intensidade. Cada caixa representa mediana, interquartis e valores extremos dentro de uma categoria. . Outliers estão representados com asteriscos. Valor de p obtido do *Friedman*

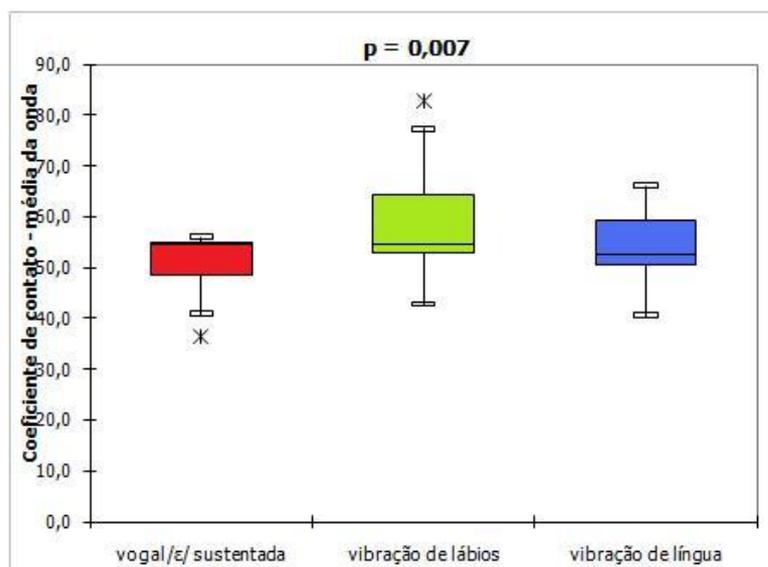


Figura 10 - Box plot do desvio padrão intrassujeitos do coeficiente de contato, durante a execução da vogal /ε/ sustentada, vibração de lábios e vibração de língua em forte intensidade. Cada caixa representa mediana, interquartis e valores extremos dentro de uma categoria. Outliers estão representados com asteriscos. Valor de p obtido do *Friedman*

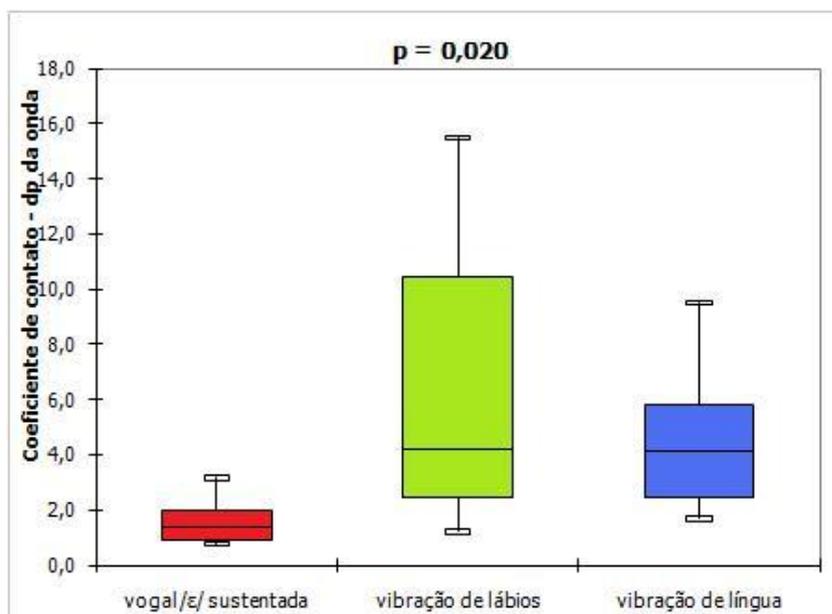


Tabela 10 - Comparação das medidas automáticas de valores significantes, entre os pares de vibração de lábios e vogal /ε/ sustentada, vibração de língua e vogal /ε/ sustentada, vibração de língua e vibração de lábios, na emissão de fraca intensidade (*Postos Sinalizados de Wilcoxon*)

| Medida  | Pares   | Significância (p) |
|---|---|-------------------|
| Coeficiente de contato – Média Intrassujeitos         | vibração sonorizada de lábios-/ε/                           | 0,013             |
|   | vibração sonorizada de língua-/ε/                           | 0,139             |
|   | Vibração sonorizada de língua-vibração sonorizada de lábios | 0,017             |
| Coeficiente de contato – Desvio padrão Intrassujeitos | vibração sonorizada de lábios-/ε/                           | 0,017             |
|   | vibração sonorizada de língua-/ε/                           | 0,013             |
|   | vibração sonorizada de língua-vibração sonorizada de lábios | 0,114             |

**DISCUSSÃO**

## 5. DISCUSSÃO:

De maneira geral, em nossos resultados, as vibrações sonorizadas de língua e lábios mostraram comportamentos semelhantes entre si quanto à amplitude da vibração cordal, mas que as diferenciam da emissão da vogal /ε/.

Durante esse trabalho foram extraídas as medidas do maior diâmetro da região correspondente à cartilagem cuneiforme como referência para a amplitude máxima de vibração cordal, com a finalidade de tornar essas medidas mais confiáveis. Cada sujeito foi comparado com ele mesmo e o valor da amplitude de vibração foi apresentado em forma de fração de medida do tamanho da cartilagem cuneiforme, diminuindo assim erros na obtenção das tais amplitudes que podem ocorrer devido à movimentação do endoscópio e da laringe durante o exame da nasofibrosopia nas diferentes emissões.

Outros trabalhos optaram por metodologia semelhante, nos quais escolheram como medida de referência a distância entre a comissura anterior e o processo vocal <sup>(59-60)</sup>. No nosso trabalho, essa medida não foi possível de ser utilizada, pois durante a execução do exercício, foi notado mudança de configuração glótica, conforme pesquisa de Bueno <sup>(55)</sup>, que mostrou constrição ântero-posterior do vestibulo laríngeo, sem medialização ou vibração da prega vestibular durante a execução da vibração sonorizada de língua.

A proximidade da extremidade distal do endoscópio pode gerar distorções de linearidade em formato de “barril” <sup>(61)</sup>. Nesse tipo de distorção, a proporção das medidas no centro da imagem (representada nesse estudo como a medida da amplitude de vibração) é menor em relação à periferia (representada como a medida da cartilagem cuneiforme), para a mesma medida milimétrica <sup>(61)</sup>. Das nossas imagens, 74% (163/220) se mantiveram em distância suficiente para que não haja essa distorção. Das imagens mais próximas, que possivelmente possam apresentar distorções, 21% (46/220) foram durante a execução dos exercícios de vibração sonorizada e 5% (11/220) durante a execução da vogal sustentada.

Acreditamos que essas distorções não foram suficientes para interferir nessa pesquisa, pois em nossos resultados, as medidas de amplitude foram maiores durante a execução dos exercícios de vibração sonorizada quando comparados com a emissão da vogal sustentada, mesmo quando a distância da imagem estava próxima da câmera.

A amplitude máxima de vibração cordal foi diferente tanto durante a emissão de baixa intensidade quanto na de alta intensidade com valores de significância menores que 1% (0,002 e 0,001, respectivamente) para as emissões de vogal /ε/, vibração sonorizada de lábios e vibração sonorizada de língua. Após a análise com o teste de *Postos Sinalizados de Wilcoxon* percebeu-se que as vibrações sonorizadas de lábios e de língua se diferem da vogal /ε/ sustentada.

Para a execução das vibrações sonorizadas de lábios e de língua, é necessário que se aumente o fluxo de ar pulmonar para que se mantenha tanto a vibração das pregas vocais quanto dos lábios ou da língua <sup>(14, 32, 34, 44, 62)</sup>. O aumento do fluxo pode levar à elevação da pressão subglótica, que por sua vez levaria a aumento da amplitude de vibração das pregas vocais <sup>(63-64)</sup>.

Durante a extração da medida de amplitude, em alguns casos, foi observada dificuldade de sincronia da luz estroboscópica durante a execução dos exercícios de vibração sonorizada de lábios e língua, diferentemente da emissão da vogal /ε/. Assim, ao tirar as fotos, nessas tarefas, foram selecionados apenas os momentos dos ciclos em que a máxima abertura do ciclo estava evidente.

O aumento do fluxo de ar pode levar também à aperiodicidade de vibração das pregas vocais <sup>(57, 65)</sup> e desestabilizar a luz do estroboscópio <sup>(66)</sup>.

Em nossos estudos, encontramos o desvio padrão do coeficiente de contato intrassujeitos maior durante a execução dos exercícios de vibração sonorizada de lábios e de língua, com valores mais expressivos nas fortes intensidades, onde há aumento do fluxo de ar <sup>(67-68)</sup>. Esses resultados podem retratar diferenças de periodicidade da onda eletroglotográfica durante a execução dos exercícios de vibração sonorizada e corroborar com a hipótese levantada acima.

No entanto, Bueno <sup>(55)</sup> observou grande movimentação do arcabouço laríngeo durante a emissão da vibração sonorizada de língua, o que poderia

dificultar a captação da frequência fundamental pelo microfone de contato do estroboscópio.

Como os ciclos observados na luz estroboscópica não são os ciclos reais de vibração das pregas vocais e esses necessitam de regularidade para que possam gerar imagens confiáveis <sup>(66, 69)</sup>, seria necessário estudo com câmera de alta velocidade para melhor observação da vibração das pregas vocais, durante a execução das vibrações sonorizadas de língua e lábios. Para isso, é necessário que se tenha um aparelho compatível com o nasofibroscópio.

Pesquisas que envolvam o estudo qualitativo da periodicidade da onda eletroglotográfica, tanto de forma como de amplitude, também podem ser úteis na investigação do funcionamento de vibração das pregas vocais durante a execução dos exercícios de vibração sonorizada.

O desvio padrão do coeficiente de contato é uma representação numérica da variação dessa medida na onda eletroglotográfica. Como seus valores foram maiores durante a execução dos exercícios de vibração sonorizada, tanto em fortes como nas fracas intensidades, podemos afirmar que há maior variação do coeficiente de contato durante a execução dos exercícios de vibração sonorizada, quando comparado com a vogal /ε/ sustentada.

Para a execução da vibração de língua e de lábios, há oclusão da parte anterior do trato vocal (língua ou lábios). A pressão oral aumenta e vence a força de oclusão, que é aberta e em seguida “sugada” pela velocidade do

fluxo aéreo <sup>(14)</sup>, fechando o ciclo de vibração articulatória como acontece no modelo de vibração das pregas vocais. Assim, a pressão supraglótica e consequentemente a impedância do trato vocal se tornam oscilantes.

Segundo a teoria de interação entre fonte e filtro <sup>(45, 70)</sup>, a pressão acústica do trato vocal modifica o limiar de pressão fonatória, interferindo na vibração das pregas vocais.

Se a pressão acústica do trato vocal se tornar oscilante pela movimentação vibratória do ponto articulatório, de acordo com a teoria de interação entre fonte e filtro, o limiar de pressão fonatória também deve se tornar oscilante, o que deve explicar os valores mais altos do desvio padrão do coeficiente de contato durante a execução dos exercícios de vibração sonorizada.

Para Titze <sup>(16)</sup>, o objetivo do treinamento vocal é promover a interação entre a fonte e o filtro e assim aumentar a intensidade, eficiência e economia vocal <sup>(16)</sup>. Segundo ele, as vibrações sonorizadas de lábios e língua fazem parte do conjunto dos exercícios de trato vocal semiocluídos.

Esses exercícios causam uma interação fonte-filtro de ordem mecânica <sup>(45, 70)</sup>, pois promovem a mudança da impedância do trato vocal e assim interferem na vibração cordal <sup>(54)</sup>.

Alguns autores consideram os fricativos sonoros como parte dos exercícios de vibração sonorizada <sup>(3-4)</sup>. De fato, esses exercícios devem promover mudança na impedância do trato vocal, por causa do aumento na

pressão supraglótica, que também deve causar elevação do fluxo aéreo supraglótico e modificar o limiar de pressão fonatória <sup>(16, 24, 54, 70-71)</sup>.

Entretanto, a pressão exercida no trato vocal durante a execução desses exercícios deve ser constante, o que os diferenciaria dos exercícios estudados nessa pesquisa. São importantes novos estudos clínicos que comparem as duas modalidades de exercícios, para que se possam tirar conclusões mais expressivas sobre o assunto.

Em nossos estudos, a média do coeficiente de contato foi maior durante a execução da vibração sonorizada de lábios durante as fortes intensidades, situação que a diferencia da vibração sonorizada de língua e da vogal /ε/ sustentada. Esses resultados conferem com os de Pinho e Pontes <sup>(4)</sup>, que estudaram o coeficiente de contato de vários exercícios num mesmo indivíduo.

De acordo com a literatura <sup>(16, 54)</sup>, quanto mais anterior a obstrução, maior a impedância do trato vocal. Apesar da vibração sonorizada de lábios ser discretamente mais anterior do que a de língua, a influência tanto da pressão supraglótica, como da subglótica na vibração das pregas vocais, não é linear <sup>(31, 45, 47, 70)</sup>, de forma que as alterações de fluxo causados pelo aumento da intensidade podem levar a diferentes proporções na vibração das pregas vocais e diferenciar o modo de vibração em fortes e fracas intensidades <sup>(65, 72)</sup>.

Diferentemente do nosso estudo, Gaskill e Erikson <sup>(15)</sup> encontraram coeficiente de fechamento menor durante a execução do exercício de

vibração sonorizada de lábios, em relação à vogal “a” sustentada. No estudo, os autores fizeram a extração de medidas de forma manual e por isso, foram selecionadas apenas quatro ondas eletroglotográficas de cada tarefa em cada sujeito e assim, a variação do coeficiente de contato pode não ter sido percebida com o decorrer do tempo, durante a execução do exercício. Como em nosso estudo fizemos a extração das medidas de forma automática, pudemos contemplar ondas eletroglotográficas de todo o sinal, de modo que entrou no cálculo maior número de ondas. Dessa maneira, no presente estudo a análise pôde ser mais global, retratando com mais fidedignidade o todo da vibração cordal, durante a execução das tarefas solicitadas.

Embora os resultados de Gaskill e Erikson tenham sido diferentes dos nossos, os autores encontraram diferenças sistemáticas do coeficiente de contato das vibrações sonorizadas de lábios em relação à emissão da vogal sustentada e, como no presente trabalho, os autores discutiram que essas diferenças poderiam ser devido à interação entre a fonte e o filtro.

Além disso, foram encontrados pelos autores diferenças nos resultados entre indivíduos treinados e não treinados <sup>(15)</sup>, que são atribuídas ao controle dos indivíduos treinados para um fechamento mais suave.

Alguns autores referem que o som produzido pela laringe não é linear <sup>(29, 57, 73)</sup> e que depende de muitos fatores. Assim, qualquer diferença biomecânica, estrutural (como geometria, densidade e viscosidade dos tecidos), de controle de fluxo aéreo ou do trato vocal, pode causar diferenças

na vibração das pregas vocais. Indivíduos treinados apresentam maior controle sobre esses fatores, o que de fato pode trazer alguma diferença na vibração das pregas vocais para a mesma tarefa fonatória, quando comparados a indivíduos não treinados, bem como em pacientes com alterações morfológicas de pregas vocais.

Dessa forma, o exercício de vibração sonorizada em pacientes com patologias de pregas vocais, provavelmente se comporta de forma diferente do que em indivíduos sem alterações morfológicas, devido às mudanças estruturais (e conseqüente biomecânicas) ocorridas nesses sujeitos. De acordo com a literatura, protuberâncias causadas por patologias nas pregas vocais causam interferência na resistência do fluxo de ar glótico, na área, amplitude e velocidade de vibração glótica <sup>(38)</sup>.

Estudos com exercícios vocais, inclusive de vibração sonorizada de língua e lábios, em diversas situações devem ser realizados para que possa se ter conhecimento de sua fisiologia em cada ocasião e assim poder ser melhor prescrito pelo fonoaudiólogo.

O presente trabalho pode ser utilizado como suporte para algumas teorias que permeiam a utilização dos exercícios de vibração sonorizada na clínica fonoaudiológica e também no preparo vocal dos diversos profissionais da voz.

Para McGowan, as variações ocorridas na faringe durante a execução das vibrações sonorizadas de lábios podem aumentar a força de vibração da mucosa durante o movimento muco-ondulatório das pregas vocais <sup>(14)</sup> e,

segundo Pinho e Pontes <sup>(4)</sup>, esses exercícios ativam o deslizamento da mucosa sobre as pregas vocais.

A maior amplitude de vibração mucosa e o desvio padrão do coeficiente de contato aumentado durante a execução dos exercícios de vibração sonorizada refletem modificação da onda mucosa de vibração das pregas vocais, o que poderia de certa forma justificar a melhora da qualidade vocal <sup>(9, 20-23)</sup> depois da utilização desses exercícios e também a sua utilização diante de patologias de mucosa de pregas vocais, como nódulos <sup>(55)</sup>, edemas <sup>(4)</sup>, sulco entre outras.

As prováveis necessidades de controle do fluxo aéreo e a interação fonte e filtro causados pela oscilação articulatória justificariam o uso desses exercícios durante o preparo dos profissionais da voz, como é preconizado por Aydos e Hanayama <sup>(7)</sup>, Nix <sup>(17)</sup> e Francato *et al.* <sup>(18)</sup>.

No entanto, ainda são necessários novos estudos para que se possa compreender melhor a ação desses exercícios na mucosa das pregas vocais. Para isso, seria necessária análise mais aprofundada da onda eletroglotográfica e, se possível, a avaliação com câmera de alta velocidade com a utilização da nasofibroscopia.

Para o melhor conhecimento da ação desses exercícios, bem como sua indicação, são importantes também estudos que analisem o fluxo sanguíneo da região e a ação dos músculos da laringe e trato vocal durante sua execução.

**CONCLUSÃO**

## 6. CONCLUSÃO:

De acordo com os nossos resultados, podemos concluir que durante a fonação de sujeitos cantores líricos treinados:

- A amplitude máxima de vibração cordal é maior durante a execução dos exercícios de vibração sonorizada de lábios e de língua quando comparada à emissão da vogal /ε/ sustentada.
- A média do coeficiente de contato das pregas vocais é maior durante a execução dos exercícios de vibração sonorizada de lábios, quando comparado com a vibração sonorizada de língua e emissão da vogal /ε/ sustentada, nas fortes intensidades.
- O desvio padrão do coeficiente de contato é maior durante a execução dos exercícios de vibração sonorizada de língua e lábios, quando comparados com a emissão da vogal /ε/ sustentada.

**ANEXOS**

## 7. ANEXO



### APROVAÇÃO

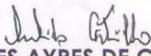
A Comissão de Ética para Análise de Projetos de Pesquisa - CAPPesq da Diretoria Clínica do Hospital das Clínicas e da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo, em sessão de 14.02.07, **APROVOU** o Protocolo de Pesquisa nº **907/06**, intitulado: **"ANÁLISE DO COMPORTAMENTO GLÓTICO: FECHAMENTO E AMPLITUDE DA MUCOSA CORDAL DURANTE A VIBRAÇÃO SONORIZADA DE LÁBIOS"**, apresentado pelo Departamento **de OFTALMOLOGIA E OTORRINOLARINGOLOGIA**, inclusive 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: **PROF. DR. DOMINGOS HIROSHI TSUJI**

Pesquisador (a) Executante: **PROFA. DRA. SILVIA MARIA REBELO PINHO**  
**SRA. GISLAINE FERRO CORDEIRO**

CAPPesq, 14 de fevereiro de 2007.

  
**PROF. DR. EUCLIDES AYRES DE CASTILHO**  
Presidente da Comissão de Ética para Análise  
de Projetos de Pesquisa

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

## 8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

1. Behlau M, Pontes P. Avaliação e tratamento das disfonias: Editora Lovise; 1995.
2. Pinho SM. Fundamentos em fonoaudiologia: tratando os distúrbios da voz. Rio de Janeiro: Guanabara-Koogan; 2003.
3. Pinho SM. Terapia Vocal. In: Pinho SM, editor. Tópicos em Voz. Rio de Janeiro: Guanabara-Koogan; 2001. p. 01-18.
4. Pinho SM, Pontes P. Músculos intrínsecos da laringe e dinâmica vocal. Pinho SM, editor. Rio de Janeiro: Revinter; 2008.
5. Behlau M, Rodrigues S, Azevedo R, Gonçalves MI, Pontes P. Avaliação e terapia de voz. In: O L-F, editor. Tratado de fonoaudiologia. São Paulo: Rocca; 1997. p. 607-58.
6. Sataloff RT. Professional Voice: The science and art of clinical care. New York: Raven Press; 1991.
7. Aydos B, Hanayama M. Técnicas de aquecimento vocal utilizadas por professores de teatro. Rev CEFAC. 2004 jan-març;6(1):83-8.
8. Scarpel RD, Pinho SM. Aquecimento e desaquecimento vocal. In: Pinho SM, editor. Tópicos em voz. Rio de Janeiro: Guanabara-Koogan; 2001.
9. Schwarz K, Cielo CA. Vocal and laryngeal modifications produced by the sonorous tongue vibration technique. Pro Fono. 2009 Apr-Jun;21(2):161-6.
10. Menezes MH, de Campos Duprat A, Costa HO. Vocal and laryngeal effects of voiced tongue vibration technique according to performance time. J Voice. 2005 Mar;19(1):61-70.
11. Perelló J. Canto-dicción. Barcelona: Editorial Científico Médico; 1975.
12. Linklater K. Freeing the natural voice. New York: Drama Book; 1976.
13. Schneider SL, Sataloff RT. Voice therapy for the professional voice. Otolaryngol Clin North Am. 2007 Oct;40(5):1133-49, ix.
14. McGowan RS. Tongue-tip trills and vocal-tract wall compliance. J Acoust Soc Am. 1992 May;91(5):2903-10.
15. Gaskill CS, Erickson ML. The effect of a voiced lip trill on estimated glottal closed quotient. J Voice. 2008 Nov;22(6):634-43.
16. Titze IR. Voice training and therapy with a semi-occluded vocal tract: rationale and scientific underpinnings. J Speech Lang Hear Res. 2006 Apr;49(2):448-59.
17. Nix J. Lip Trills and Raspberries: "High Spit Factor" Alternatives to the Nasal Continuant Consonants Journal of Singing. 1999;55(3):15-9.
18. Francato A, Nogueira Jr. J, Pela SM, Behlau M. Programa de aquecimento vocal. In: Marquesan IQ, Zorzi JL, Gomes ICD, editors. Tópicos de Fonoaudiologia. São Paulo: Lovise; 1996.
19. Maniecka-Aleksandrowicz B, Domeracka-Kolodziej A, Rozak-Komorowska A, Szeptycka-Adamus A. [Management and therapy in functional aphonia: analysis of 500 cases]. Otolaryngol Pol. 2006;60(2):191-7.
20. Rodrigues MRC. Estudo do exercício de vibração sonorizada de língua nas laringectomias frontolaterais. [Mestrado]. São Paulo: PUC-São Paulo; 2001.
21. Rodrigues S. Análise múltipla do efeito da técnica de vibração sonorizada de língua em indivíduos adultos sem queixa vocal. [Mestrado]. São Paulo: Universidade Federal de São Paulo; 1995.

22. Woo P, Casper J, Colton R, Brewer D. Diagnosis and treatment of persistent dysphonia after laryngeal surgery: a retrospective analysis of 62 patients. *Laryngoscope*. 1994 Sep;104(9):1084-91.
23. Casper J, Colton R, Woo P, Brewer D. Physiological characteristics of selected voice therapy techniques: a preliminary research note. *British Voice Assoc* 1992. 1994;1:131-41.
24. Laukkanen AM, Lindholm P, Vilkman E, Haataja K, Alku P. A physiological and acoustic study on voiced bilabial fricative/beta:/as a vocal exercise. *J Voice*. 1996 Mar;10(1):67-77.
25. Story BH, Titze IR, Hoffman EA. Vocal tract area functions for an adult female speaker based on volumetric imaging. *J Acoust Soc Am*. 1998 Jul;104(1):471-87.
26. Gregio FN. Configuração do trato vocal supraglótico na produção das vogais do Português: dados de imagem de ressonância magnética [Mestrado]. São Paulo: PUC-SP; 2006.
27. Fant G. Acoustic theory of speech production. Paris: Mouton; 1970.
28. Hillenbrand JM, Clark MJ. The role of  $f_0$  and formant frequencies in distinguishing the voices of men and women. *Atten Percept Psychophys*. 2009 Jul;71(5):1150-66.
29. Tao C, Jiang JJ. Effects of mucosal loading on vocal fold vibration. *Chaos*. 2009 Jun;19(2):023113.
30. Zemlin WR. Fonação. In: Zemlin WR, editor. *Anatomia e fisiologia em fonoaudiologia*. Porto Alegre: Artmed; 2000. p. 118-214.
31. Zhang Z. Characteristics of phonation onset in a two-layer vocal fold model. *J Acoust Soc Am*. 2009 Feb;125(2):1091-102.
32. Titze IR. The physics of small-amplitude oscillation of the vocal folds. *J Acoust Soc Am*. 1988 Apr;83(4):1536-52.
33. Titze IR. Current topics in voice production mechanisms. *Acta Otolaryngol*. 1993 May;113(3):421-7.
34. Fisher KV, Swank PR. Estimating phonation threshold pressure. *J Speech Lang Hear Res*. 1997 Oct;40(5):1122-9.
35. Zhuang P, Sprecher AJ, Hoffman MR, Zhang Y, Fourakis M, Jiang JJ, et al. Phonation threshold flow measurements in normal and pathological phonation. *Laryngoscope*. 2009 Apr;119(4):811-5.
36. Hirano M. Morphological structure of the vocal cord as a vibrator and its variations. *Folia Phoniatr (Basel)*. 1974;26(2):89-94.
37. Alipour F, Finnegan EM, Scherer RC. Aerodynamic and acoustic effects of abrupt frequency changes in excised larynges. *J Speech Lang Hear Res*. 2009 Apr;52(2):465-81.
38. Alipour F, Scherer RC. Vocal fold bulging effects on phonation using a biophysical computer model. *J Voice*. 2000 Dec;14(4):470-83.
39. Sciamarella D, Quere PL. Solving for unsteady airflow in a glottal model with immersed moving boundaries. *European Journal of Mechanics B/Fluids*. 2008;128:42-53.
40. Sundberg J. Vocal tract resonance. In: Sataloff RT, editor. *Professional Voice*. New York: Reven Press; 1991. p. 49-68.
41. Maidment MAJ. *Introducing phonetic science* Cambridge: Cambridge University Press; 2005.
42. Hanamitsu M, Kataoka H. Effect of artificially lengthened vocal tract on vocal fold oscillation's fundamental frequency. *J Voice*. 2004 Jun;18(2):169-75.

43. Warren DW, Allen G, King HA. Physiologic and perceptual effects of induced anterior open bite. *Folia Phoniatr (Basel)*. 1984;36(4):164-73.
44. Warren DW, Rochet AP, Dalston RM, Mayo R. Controlling changes in vocal tract resistance. *J Acoust Soc Am*. 1992 May;91(5):2947-53.
45. Titze IR. Nonlinear source-filter coupling in phonation: theory. *J Acoust Soc Am*. 2008 May;123(5):2733-49.
46. Laje R, Gardner T, Mindlin GB. Continuous model for vocal fold oscillations to study the effect of feedback. *Phys Rev E Stat Nonlin Soft Matter Phys*. 2001 Nov;64(5 Pt 2):056201.
47. Hatzikirou H, Fitch WT, Herzel H. Voice Instabilities due to Source-Tract Interactions. *ACTA ACUSTICA UNITED WITH ACUSTICA*. 2006;92 468 – 75.
48. Pinho SM, Bohadana. Avaliação e tratamento nas paralisias laríngeas. In: Pinho SM, Tsuji DH, S.C B, editors. *Fundamentos em laringologia e voz*. Rio de Janeiro: Revinter; 2006.
49. Pinho SM, Tsuji DH, C. BS. Tratamento fonoaudiológico das disfonias dirigidos à fonocirurgia. In: Pinho SM, Tsuji DH, S.C B, editors. *Fundamentos em Laringologia e Voz*. Rio de Janeiro: Revinter; 2006. p. 69 - 84.
50. Rodriguez-Parra MJ, Adrian JA, Casado JC. Voice therapy used to test a basic protocol for multidimensional assessment of dysphonia. *J Voice*. 2009 May;23(3):304-18.
51. Gorman S, Weinrich B, Lee L, Stemple JC. Aerodynamic changes as a result of vocal function exercises in elderly men. *Laryngoscope*. 2008 Oct;118(10):1900-3.
52. Sabol JW, Lee L, Stemple JC. The value of vocal function exercises in the practice regimen of singers. *J Voice*. 1995 Mar;9(1):27-36.
53. Speyer R. Effects of voice therapy: a systematic review. *J Voice*. 2008 Sep;22(5):565-80.
54. Story BH, Laukkanen AM, Titze IR. Acoustic impedance of an artificially lengthened and constricted vocal tract. *J Voice*. 2000 Dec;14(4):455-69.
55. Bueno TC. Técnica de vibração sonorizada de língua: aspectos do aprendizado, dos efeitos acústicos e das imagens do trato vocal e da face [mestrado]. São Paulo PUC-São Paulo; 2006.
56. Cooper J. *Modernas técnicas de reabilitación vocal*. Buenos Aires: Panamericana; 1979.
57. Jiang JJ, Zhang Y, Stern J. Modeling of chaotic vibrations in symmetric vocal folds. *J Acoust Soc Am*. 2001 Oct;110(4):2120-8.
58. Vieira MN, McInnes FR, Jack MA. Comparative assessment of electroglottographic and acoustic measures of jitter in pathological voices. *J Speech Lang Hear Res*. 1997 Feb;40(1):170-82.
59. Omori K, Kacker A, Slavik DH, Blaugrund SM. Quantitative videostroboscopic measurement of glottal gap and vocal function: an analysis of thyroplasty type I. *Ann Otol Rhinol Laryngol*. 1996 Apr;105(4):280-5.
60. Tsuji DH, de Almeida ER, Sennes LU, Butugan O, Pinho SM. Comparison between thyroplasty type I and arytenoid rotation: a study of vocal fold vibration using excised human larynges. *J Voice*. 2003 Dec;17(4):596-604.
61. Lee KH. Quantitative assessment of linearity of scintillation cameras. *Radiology*. 1980 Sep;136(3):790-2.
62. Titze IR. Phonation threshold pressure measurement with a semi-occluded vocal tract. *J Speech Lang Hear Res*. 2009 Aug;52(4):1062-72.
63. Garrel R, Scherer R, Nicollas R, Giovanni A, Ouaknine M. Using the relaxation oscillations principle for simple phonation modeling. *J Voice*. 2008 Jul;22(4):385-98.

64. Alipour F, Scherer RC. Dynamic glottal pressures in an excised hemilarynx model. *J Voice*. 2000 Dec;14(4):443-54.
65. Tao C, Zhang Y, Hottinger DG, Jiang JJ. Asymmetric airflow and vibration induced by the Coanda effect in a symmetric model of the vocal folds. *J Acoust Soc Am*. 2007 Oct;122(4):2270-8.
66. Sercarz JA, Berke GS, Gerratt BR, Kreiman J, Ming Y, Natividad M. Synchronizing videostroboscopic images of human laryngeal vibration with physiological signals. *Am J Otolaryngol*. 1992 Jan-Feb;13(1):40-4.
67. Russell BA, Cerny FJ, Stathopoulos ET. Effects of varied vocal intensity on ventilation and energy expenditure in women and men. *J Speech Lang Hear Res*. 1998 Apr;41(2):239-48.
68. Alku P, Airas M, Bjorkner E, Sundberg J. An amplitude quotient based method to analyze changes in the shape of the glottal pulse in the regulation of vocal intensity. *J Acoust Soc Am*. 2006 Aug;120(2):1052-62.
69. Patel R, Dailey S, Bless D. Comparison of high-speed digital imaging with stroboscopy for laryngeal imaging of glottal disorders. *Ann Otol Rhinol Laryngol*. 2008 Jun;117(6):413-24.
70. Titze I, Riede T, Popolo P. Nonlinear source-filter coupling in phonation: vocal exercises. *J Acoust Soc Am*. 2008 Apr;123(4):1902-15.
71. Laukkanen AM, Titze IR, Hoffman H, Finnegan E. Effects of a semiocluded vocal tract on laryngeal muscle activity and glottal adduction in a single female subject. *Folia Phoniatr Logop*. 2008;60(6):298-311.
72. Becker S, Kniesburges S, Muller S, Delgado A, Link G, Kaltenbacher M, et al. Flow-structure-acoustic interaction in a human voice model. *J Acoust Soc Am*. 2009 Mar;125(3):1351-61.
73. Tokuda IT, Horacek J, Svec JG, Herzel H. Comparison of biomechanical modeling of register transitions and voice instabilities with excised larynx experiments. *J Acoust Soc Am*. 2007 Jul;122(1):519-31.