



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE  
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO  
EM CIÊNCIAS DA SAÚDE**

**EUGÊNIA HERMÍNIA OLIVEIRA VALENÇA**

**ANÁLISE ACÚSTICA DOS FORMANTES  
EM INDIVÍDUOS COM DEFICIÊNCIA ISOLADA  
DO HORMÔNIO DO CRESCIMENTO**

**ARACAJU**

**2014**

**EUGÊNIA HERMÍNIA OLIVEIRA VALENÇA**

**ANÁLISE ACÚSTICA DOS FORMANTES EM  
INDIVÍDUOS COM DEFICIÊNCIA ISOLADA DO  
HORMÔNIO DO CRESCIMENTO**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em  
Ciências da Saúde da Universidade Federal de Sergipe  
como requisito parcial à obtenção do grau de Doutor  
em Ciências da Saúde.

**Orientador:** Prof. Dr. Manuel Hermínio de Aguiar Oliveira

**ARACAJU  
2014**

**FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA DA SAÚDE  
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE**

V152a Valença, Eugênia Hermínia Oliveira  
Análise acústica dos formantes em indivíduos com deficiência isolada do hormônio do crescimento / Eugênia Hermínia Oliveira Valença; orientador Manuel Hermínio de Aguiar Oliveira. – Aracaju, 2014.  
97 f. : il.

Tese (Doutorado em Ciências da Saúde - Núcleo de Pós-Graduação em Medicina), Pró-Reitoria de Pós-Graduação e Pesquisa, Universidade Federal de Sergipe, 2014.

1. Nanismo hipofisário. 2. Voz. 3. Acústica. 4. Fonoaudiologia. 5. Endocrinologia. I. Oliveira, Manuel Hermínio de Aguiar, orient. II. Título

CDU 616.432-007.21:612.78

**EUGÊNIA HERMÍNIA OLIVEIRA VALENÇA**

**ANÁLISE ACÚSTICA DOS FORMANTES EM  
INDIVÍDUOS COM DEFICIÊNCIA ISOLADA DO  
HORMÔNIO DO CRESCIMENTO**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em  
Ciências da Saúde da Universidade Federal de Sergipe  
como requisito parcial à obtenção do grau de Doutor  
em Ciências da Saúde.

**Aprovada em: 25/03/2014**

\_\_\_\_\_  
**Orientador: Prof. Dr. Manuel Hermínio de Aguiar Oliveira**

\_\_\_\_\_  
**1º Examinador: Prof. Dr. Valdinaldo Aragão de Melo**

\_\_\_\_\_  
**Examinador: Prof. Dr. Jeferson Sampaio D'Ávila**

**2º**

\_\_\_\_\_  
**3º Examinador: Prof. Dr. Luiz Alves de Oliveira Neto**

\_\_\_\_\_  
**4º Examinador: Prof. Dr<sup>a</sup>. Maria Inês Rebelo Gonçalves**

**PARECER**

---

---

---

---

---

---

## DEDICATÓRIA

*Dedico este trabalho a Anita Hermínia,  
fonte de inspiração, gratidão,  
fé, amor, máxima expressão da  
“Imagem Verdadeira, Harmonia e perfeição”.*

## AGRADECIMENTOS

A **Deus**, pelo dom da vida e oportunidade de evolução constante.

Aos meus pais, **Luiz Alves de Oliveira** (*in memoriam*) e **Maria Hermínia de Aguiar Oliveira** (*in memoriam*) pela fé e amor incondicional, dínamos da Vontade.

Ao meu esposo, **Silvio Valença**, e nossas filhas, **Silvia e Gabriela**, pela compreensão, harmonia e serenidade em nosso convívio diário.

Aos meus **irmãos, conjugues e sobrinhos**, pela partilha fraterna e estímulo à ação, em especial a **Arlene** (*in memoriam*), exemplo de verdade, virtude e transcendência.

Aos meus “orientadores” **Prof. Dr. Manuel Hermínio e Prof.<sup>a</sup> Dra. Anita Hermínia** pela sabedoria, a ética e a devoção; aos seus cônjuges pela compreensão.

A **Volúzia, Glorinha e Joselita** pela efusão da filosofia Seicho-No-Ie, um modo feliz de viver. Aos **avós, tios, Niu, Zete, Roza, Zequinha** pelo acolhimento.

Ao apoio da **Universidade Federal de Sergipe, Núcleo de Pós Graduação em Medicina**, linha de pesquisa “Consequências de deficiência isolada e vitalícia do GH”. Ao **Departamento de Fonoaudiologia**, em especial às **Profas. Suzana e Rosana Givigi**.

A **Comunidade de Itabaianinha** pela generosidade em participar da pesquisa. Aos professores **Dra. Carla Raquel e Dr. Luiz Neto**, pelo altruísmo e eficácia.

Ao otorrinolaringologista **Prof. Dr. Jeferson Sampaio D’Ávila**, pelas suas marcas únicas, de confiança, orientação e zelo, em minha vida e carreira profissional.

A **Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup>. Fonoaudióloga Maria Inês Rebelo Gonçalves**, pelo dinamismo.

Ao **Prof. Dr. Valdinaldo de Aragão Melo**, pela colaboração imprescindível.

Sintam-se parte, a **experiência com o outro** dá o sentido ao aprendizado.

O importante é *estarmos juntos na mesma estrada, e em nossa aurora perceber a delícia de viver, e conseguir dizer:*

*Estou feliz!*

*Posto que tudo é vibração,  
Somos, todos nós, moduláveis,  
aperfeiçoáveis ao infinito  
(O Tibetano)*

## RESUMO

ANÁLISE ACÚSTICA DOS FORMANTES EM INDIVÍDUOS COM DEFICIÊNCIA ISOLADA DO HORMÔNIO DO CRESCIMENTO. Eugênia Hermínia Oliveira Valença – 2014.

A voz é produzida pela vibração das pregas vocais, cujo número de ciclos por segundo corresponde à frequência fundamental ( $f_0$ ) do sinal laríngeo. Formantes (F) são múltiplos da  $f_0$ , indicam zonas de ressonância das vogais no trato vocal. O primeiro formante ( $F_1$ ), relaciona-se à amplificação sonora na cavidade oral posterior e à posição da língua no plano vertical; o segundo formante ( $F_2$ ) à cavidade oral anterior e à posição da língua no plano horizontal. O terceiro formante ( $F_3$ ) relaciona-se às cavidades à frente e atrás do ápice da língua; o quarto formante ( $F_4$ ), ao formato da laringe e da faringe na mesma altura. Em Itabaianinha, nordeste do Brasil, uma coorte de indivíduos com deficiência isolada do hormônio de crescimento (DIGH), foi identificada uma mutação homozigótica c.57 +1 G>A no gene do receptor do hormônio liberador do GH, com baixa estatura acentuada, redução acentuada do comprimento da maxila e mandíbula e constrição laríngea. A voz dos indivíduos DIGH apresenta  $f_0$  elevada, independentemente da idade e gênero. **OBJETIVO:** Analisar os formantes  $F_1$ ,  $F_2$ ,  $F_3$ ,  $F_4$  das sete vogais orais do português brasileiro [a, ó, é, ô, ê, u, i]. **CASUÍSTICA E MÉTODOS:** Estudo transversal com 33 indivíduos com DIGH, 44,48 (17,60) anos de idade, 16 mulheres; e 29 controles, 51,10 (17,65) anos, 15 mulheres. Adicionalmente, foi analisado um subgrupo de 13 homens (cinco DIGH) e 20 mulheres (nove DIGH) acima de 50 anos de idade. Foi utilizada a análise acústica computadorizada para extração das medidas dos formantes (Hertz); os valores foram expressos em média (desvio padrão) ou em mediana (distância interquartilica). A comparação entre grupos foi realizada pelos testes *t de Student* e *Mann-Whitney*, teste *t* pareado para a comparação de vogais no mesmo formante. **RESULTADOS:** Comparados aos controles, homens com DIGH apresentaram valores maiores de  $F_3$ [i, ê, é],  $p=0,006$ ;  $p=0,022$ ;  $p=0,006$ , respectivamente;  $F_4$ [i]  $p=0,001$ ; valor menor de  $F_2$  [u],  $p=0,034$ . Mulheres com DIGH apresentaram valores maiores de  $F_1$ [i, ê],  $p=0,029$ ;  $p=0,036$ ;  $F_2$ [ó]  $p=0,006$ ;  $F_4$ [ó]  $p=0,031$ ; valor menor de  $F_2$ [i]  $p=0,004$ . A DIGH apresentou valores dos formantes similares em ambos os gêneros, exceto  $F_1$ [a, é, ó]  $p<0,0001$   $p=0,0004$ ;  $p<0,0001$ , respectivamente, menor em homens que em mulheres com DIGH; ambos também não apresentaram distinção do par das vogais alta e média alta em  $F_1$ [u-ô]. Em controles e DIGH, de ambos os gêneros, observou-se a distinção em  $F_2$  de vogais anteriores e posteriores. Em comparação aos controles, homens DIGH acima de 50 anos apresentam valores menores de  $F_1$ [i, ô]  $p=0,042$ ;  $p=0,040$ ; e as mulheres DIGH na mesma faixa etária têm valores maiores de  $F_1$ [é]  $p=0,018$ . **CONCLUSÃO:** Indivíduos com DIGH apresentaram uma estrutura de formantes elevada, sugerindo encurtamento do trato vocal. A DIGH reduz o efeito da idade e do gênero sobre a estrutura de formantes.

Descritores: Hormônio do Crescimento; Estatura; Voz; Acústica.



## ABSTRACT

### ACOUSTIC ANALYSIS OF THE FORMANTS IN INDIVIDUALS WITH ISOLATED GROWTH HORMONE. Eugênia Herminia Oliveira Valença - 2014.

Voice is produced by vibration of the vocal folds, whose number of cycles per second corresponds to the fundamental frequency ( $f_0$ ) of the laryngeal signal. Formants (F) are multiple of ( $f_0$ ), indicating the resonance frequency of the vowels in the vocal tract. The first formant ( $F_1$ ), relates to sound amplification in posterior oral cavity and vertical position of the tongue; and the second formant ( $F_2$ ) relates to the anterior oral cavity and to the horizontal position of the tongue. The third formant ( $F_3$ ) is related to the position front and behind of the apex of the tongue, the fourth formant ( $F_4$ ) relates to the shape of larynx and pharynx at the same height. We identified a cohort of individuals with isolated growth hormone (GH) deficiency (IGHD) caused by the homozygous c.57 +1 G> A mutation in the GH releasing hormone receptor gene, with severe short stature, accentuated reduction of maxillaries, and laryngeal constriction. The voice of IGHD individuals presents high  $f_0$ , regardless of age and gender. Our objective was to analyze  $F_1$ ,  $F_2$ ,  $F_3$  and  $F_4$  of the seven oral vowels in Brazilian Portuguese, [a, ε, e, i, ɔ, o, u]. A cross-sectional study was conducted with 33 IGHD individuals, 44.48 (17.60) years, 16 women, and 29 controls, 51.10 (17.65) years, 15 women by a computed acoustics analyze. In addition, it was analyzed a subgroup of 13 men (5 with IGHD) and 20 women (9 IGHD), above 50 years of age. Values were expressed as mean (standard deviation) or median (interquartile range). The comparison between groups was made by Student's t and Mann-Whitney tests and of the vowel in the same formant, by the paired t test. Compared to controls, IGHD men show higher values of  $F_3$  [i, e and ε],  $p=0.006$ ,  $p=0.022$  and,  $p=0.006$ , respectively, and  $F_4$ [i],  $p=0.001$  and lower values of  $F_2$  [u]  $p=0.034$ . IGHD women, higher values of  $F_1$ [i and e]  $p=0.029$  and  $p=0.036$ ; and  $F_2$ [ɔ]  $p=0.006$ ;  $F_4$ [ɔ],  $p=0.031$ ; and lower values of  $F_2$ [i]  $p=0.004$ . Men and women IGHD have similar values of formant frequencies, except for  $F_1$  [a, ó and ε]  $p<0.0001$ ,  $p=0.004$  and  $p=0.001$ , respectively. Men and women IGHD did not present distinction in the pair vowel high and medium high in  $F_1$  [u-o]. In both groups were observed the distinction in  $F_2$  vowel anterior-posterior. Over 50 years of age, IGHD men have lower values of  $F_1$  [i, o]  $p=0.042$ ,  $p=0.040$ ; and IGHD women, higher values of  $F_1$  [ε]  $p=0.018$ . In conclusion, IGHD subjects exhibit higher values of formants frequencies, suggesting shortening of vocal tract. IGHD reduces the effect of aging and gender on the formant structure.

Keywords: Growth hormone; voice; formant frequencies; acoustic analysis.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Comprimento do trato vocal em imagens de tomografia computadorizada.....	19
Figura 2: Elementos de um espectrograma visualizado no programa TF32. ....	23
Figura 3: Diagrama esquemático da classificação das vogais no trato vocal.....	26
Figura 4: Posição da língua no trato oral em relação aos eixos vertical e horizontal. ....	27
Figura 5. Esquema da regulação intrínseca do eixo GH-IGF-I. ....	31
Figura 6. Mutação homozigótica o do gene do GHRHR. ....	33
Figura 7: Extração de medidas de formantes no <i>Praat</i> . ....	40
Figura 8: F <sub>1</sub> e F <sub>2</sub> das sete vogais orais do português brasileiro em 62 indivíduos. ....	43
Figura 9: Terceiro formante das vogais [i, ê, é] em 31 homens. ....	46
Figura 10: Primeiro formante das vogais [i, ê] em 31 mulheres .....	46
Figura 11: F <sub>1</sub> e F <sub>2</sub> das sete vogais orais do português brasileiro em 31 homens.....	47
Figura 12: F <sub>1</sub> e F <sub>2</sub> das sete vogais orais do português brasileiro, em 31 mulheres ..	47
Figura 13: Estrutura dos Formantes de 33 indivíduos com DIGH, 29 controles.. ....	48
Figura 14: Efeito do gênero no primeiro formante da vogal [ó].....	50
Figura 15: Efeito da idade no F <sub>1</sub> [i] em homens, e F <sub>1</sub> [é] em mulheres. ....	53
Figura 16: Primeiro formante (F <sub>1</sub> ) das vogais alta [u] e média-alta [ô].....	54
Figura 17: Segundo formante (F <sub>2</sub> ) das vogais anterior [i] e posterior [u].....	55

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Relações entre formantes do som e principais ajustes articulatórios empregados. ...	22
Tabela 2: Valores médios dos formantes para homens e mulheres falantes do português brasileiro da cidade de São Paulo, (Monteiro, 1995). ....	24
Tabela 3. Tabela das características dos padrões mendelianos da DGH .....	34
Tabela 4: Formantes $F_1$ $F_2$ $F_3$ , $F_4$ de sete vogais orais do português brasileiro em 62 indivíduos de ambos os gêneros: 33 com DIGH e 29 controles. ....	42
Tabela 5: Formantes $F_1$ $F_2$ $F_3$ $F_4$ das sete vogais orais do português brasileiro em 17 homens com DIGH e 14 controles.. ....	44
Tabela 6: Formantes $F_1$ $F_2$ $F_3$ $F_4$ das sete vogais orais do português brasileiro em 16 mulheres com DIGH e 15 controles.. ....	45
Tabela 7: Formantes $F_1$ $F_2$ $F_3$ $F_4$ de sete vogais orais do português brasileiro, comparados por gênero em 33 indivíduos com DIGH e 29 controles.. ....	49
Tabela 8: Formantes $F_1$ $F_2$ $F_3$ $F_4$ , (Hz) das sete vogais orais do português brasileiro em cinco homens com DIGH e oito controles, na faixa etária acima de 50 anos. ....	51
Tabela 9: Formantes $F_1$ $F_2$ $F_3$ $F_4$ , (Hz) das sete vogais orais do português brasileiro em nove mulheres com DIGH e 11 controles, na faixa etária acima de 50 anos. ....	52
Tabela 10: Primeiro formante ( $F_1$ ) da vogal de acordo com a classificação no plano vertical em 17 homens com DIGH e 14 controles. ....	53
Tabela 11: Primeiro formante ( $F_1$ ) da vogal de acordo com a classificação no plano vertical: em 16 mulheres com DIGH e 15 controles. ....	54
Tabela 12: Segundo formante ( $F_2$ ) das vogais de acordo com a classificação no plano horizontal: em 17 homens com DIGH e 14 controles. ....	55
Tabela 13: Segundo formante ( $F_2$ ) das vogais de acordo com a classificação no plano horizontal: em 16 mulheres com DIGH e 15 controles. ....	55

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

Decibel= dB

Deficiência de Isolada de GH = DIGH

Estrutura dos Formantes =F(s)

Fator de Crescimento Semelhante à Insulina Tipo 1= IGF-I

Formante do cantor= $F_c$

Frequência fundamental= $f_0$

Gene do Hormônio Liberador do GH = *GHRH*

Gene do Receptor do Hormônio Liberador do GH=*GHRHR*

Hertz = Hz

Hormônio do crescimento = GH

Perímetro craniano =PC

Pregas vocais=PPVV

Primeiro formante = $F_1$

Quarto formante=  $F_4$

Quinto formante=  $F_5$

Segundo formante= $F_2$

*Statistical Packet for Social Science, Inc., Chicago, IL* = SPSS/PC 11.5

Terceiro formante= $F_3$

Termo de Consentimento Livre e Esclarecido = TCLE

# SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>14</b>
<b>2 REVISÃO DE LITERATURA .....</b>	<b>17</b>
2.1 Trato vocal e formantes .....	17
2.2. Análise acústica computadorizada do formante.....	23
2.2.1 Formante: efeito da vogal .....	25
2.2.2 Formante: efeito do gênero e da idade. ....	29
2.3. Eixo Hormônio de Crescimento.....	31
2.3.1 Deficiência genética e isolada do GH .....	32
<b>3 OBJETIVOS.....</b>	<b>36</b>
3.1 Objetivo Geral.....	36
3.2 Objetivos Específicos .....	36
<b>4 CASUÍSTICA E MÉTODOS .....</b>	<b>37</b>
4.1 Área de Estudo .....	37
4.2 Casuística.....	37
4.2.1 Critérios de Exclusão.....	38
4.2.2 Critérios de inclusão .....	38
4.2.3. Amostra.....	38
4.3 Métodos .....	39
4.3.1. Tipo de estudo .....	39

4.3.2. Análise Acústica dos Formantes.....	39
a) Captação do áudio.....	39
b) Edição do áudio .....	39
c) Extração de medidas dos formantes.....	40
4.3.3 Análise Estatística .....	41
<b>5 RESULTADOS</b> .....	42
<b>6 DISCUSSÃO</b> .....	56
<b>7 CONCLUSÕES</b> .....	62
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	62
<b>ANEXO A</b> Termo de Consentimneto Livre e Esclarecido .....	73
<b>APÊNDICE A</b> Artigo Publicado .....	74
<b>APÊNDICE B</b> Artigo Publicado .....	81
<b>APÊNDICE C</b> Artigo Submetido .....	87
<b>APÊNDICE D</b> Dados Individuais: Grupo DIGH Primeiro e Segundo Formantes . .....	94
<b>APÊNDICE E</b> Dados Individuais: Grupo Controle: Primeiro e Segundo Formantes.....	95
<b>APÊNDICE F</b> Dados Individuais do Grupo DIGH: Terceiro e Quarto Formantes. ....	96
<b>APÊNDICE G</b> Dados Individuais do Grupo Controle: Terceiro e Quarto Formantes.....	97

## 1 INTRODUÇÃO

A voz é o elo de comunicação mais importante entre os seres humanos. Voz e estatura são atributos fundamentais para a realização pessoal afetiva e profissional, repercutindo sobre a qualidade de vida. A voz é produzida pela vibração das pregas vocais, cujo número de ciclos por segundo (Hertz, Hz) é correspondente à frequência fundamental ( $f_0$ ) do sinal laríngeo. Já os formantes (F) são múltiplos da  $f_0$ : indicando as frequências das ressonâncias do trato vocal (ZEMLIM, 2000).

O posicionamento do trato vocal amplifica a  $f_0$  (SUNDBERG, 1987) em determinadas regiões de harmônicos, denominadas formantes do som (Hz); o comprimento do trato vocal afeta diretamente os formantes: tratos vocais maiores frequências menores tons mais graves e vice-versa; no entanto, dimensões do trato vocal não seguem a mesma proporcionalidade do tamanho corporal. Em homens, os formantes têm valores menores do que em mulheres, nas quais os valores são menores do que em crianças (FANT, 1973). Indivíduos com face curta tem tendência ao deslocamento dos valores dos formantes em direção aos tons agudos (OLIVEIRA; PINHO, 2001).

Os formantes são avaliados pela análise acústica, a partir da qual se infere sobre a configuração, o tamanho e o formato do trato vocal, que pode ser estimada em métodos de imagem, como ressonância magnética, videofluoroscopia e tomografia computadorizada. As frequências dos formantes, especialmente dos dois primeiros ( $F_1$  e  $F_2$ ), nem sempre são compatíveis com as conclusões derivadas de estudos anatômicos por métodos de imagem. Estudos acústicos mais abrangentes são necessários incluindo dados dos três primeiros formantes ( $F_1$ ,  $F_2$ , e  $F_3$ ) das vogais (STORY; TITZE; HOFFMAN, 1998).

A análise acústica tem despertado um interesse clínico crescente nos últimos anos, por ser uma técnica não invasiva, de relativo baixo custo, além de oferecer conclusões consideráveis sobre a função articulatória e configuração do trato vocal (VIEIRA et al., 2002).

Existe uma relação entre a voz, a estatura e outros fatores como as dimensões craniofaciais no tamanho do trato vocal. Os modelos de nanismo fornecem a oportunidade de se estudar as relações entre baixa estatura e qualidade vocal. Um destes modelos é a deficiência isolada do hormônio do crescimento, GH (DIGH), sobretudo causada por defeitos genéticos e

sem tratamento, que não comporta discussão sobre etiologia e gravidade, frequentemente citada na deficiência de GH idiopática na infância, ou adquirida na vida adulta.

O GH, além de influenciar o crescimento corpóreo, desempenha importante papel no metabolismo de carboidratos, composição corporal, massa muscular, perfil lipídico, estado cardiovascular e longevidade (SOUZA et al., 2004). Os efeitos biológicos do GH são em grande parte mediados pela produção do fator de crescimento insulina símile-I (IGF-I, *insulin-like growth factor type I*) produzido na maioria dos órgãos e tecidos, sendo o fígado a principal fonte dos IGF-I circulantes (MARTINELLI JR et al., 2008).

No município de Itabaianinha, estado de Sergipe (nordeste brasileiro), foi identificada uma grande coorte com aproximadamente 100 afetados em oito gerações com baixa estatura acentuada devido à DIGH, provocada pela mutação nula homozigótica c.57 +1 G>A no gene do receptor do hormônio liberador do GH, GHRHR (SALVATORI et al., 1999).

Estes indivíduos com DIGH apresentam: níveis séricos muito baixos de GH e IGF-I (AGUIAR-OLIVEIRA et al., 1999), redução da massa magra e aumento no percentual de gordura corporal com distribuição central (De A. BARRETO et al., 1999; OLIVEIRA et al., 2010), sinais de refluxo laringo-faríngeo e de constrição laríngea (BARRETO et al., 2009), escore total de qualidade de vida elevado (BARBOSA et al., 2009) e redução do perímetro craniano (OLIVEIRA et al., 2003).

Indivíduos com DIGH da coorte de Itabaianinha demonstraram: reduzida qualidade de vida relacionada à voz;  $f_0$  elevada em ambos os gêneros; correlação negativa entre perímetro craniano e  $f_0$ ; a DIGH abole os efeitos da idade sobre a  $f_0$ ; sugerindo que as dimensões do trato vocal podem interferir na produção vocal (VALENÇA et al., 2012).

Estudos cefalométricos em indivíduos com DIGH evidenciaram dimensões craniofaciais lineares reduzidas, especialmente comprimento da maxila e da mandíbula (OLIVEIRA-NETO et al., 2011). As reduções de medidas craniofaciais e perímetro craniano podem contribuir para um trato vocal encurtado, e aumento da  $f_0$  na DIGH. Macariet al. (2013), em indivíduos saudáveis, comprovaram uma correlação negativa entre comprimento da maxila e da mandíbula e  $f_0$ , mais significativa em homens. A relação destas medidas craniofaciais com os formantes não foi estudada.



Além disso, um tubo laríngea estreito afeta a região mais aguda do espectro (TITZE, 2001) e pode relacionar-se com o perfil audiológico de indivíduos com DIGH congênita não tratada, a qual evidencia misofonia, diminuição da tolerância ou aversão a alguns sons, predominância de perda auditiva neurosensorial leve em agudos, ausência de reflexo acústico estapediano e de emissões otoacústicas evocadas transientes quando comparados com o grupo controle da mesma área (PRADO-BARRETO et al.,2014).

As hipóteses do presente trabalho são:

1ª Hipótese: Indivíduos adultos com DIGH apresentam estrutura de formantes distinta da dos controles.

2ª Hipótese: Indivíduos adultos com DIGH apresentam valores de formantes similares em ambos os gêneros.

3ª Hipótese: A DIGH reduz o efeito da idade sobre a estrutura de formantes em ambos os gêneros.

Este estudo faz parte da linha de pesquisa “Consequências de deficiência isolada e vitalícia do GH” do Núcleo de Pós Graduação em Medicina da Universidade Federal de Sergipe, que não só tem ampliado os conhecimentos científicos sobre a deficiência de GH, como também tem proporcionado à melhoria de saúde de qualidade de vida da população de Itabaianinha.

A presente tese pretende a partir da análise acústica dos formantes ampliar a compreensão sobre a ressonância do trato vocal em indivíduos com DIGH, o que é relevante, porque possibilita uma intervenção fonoaudiológica de maior acurácia, independente de exames de imagem que são onerosos, além de poder agregar o correlato acústico à análise perceptivo-auditiva na clínica fonoaudiológica.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

A voz é um instrumento biológico em constante transformação nos ciclos da vida: infância, puberdade ou idade avançada. A estatura, dimensões corporais, comprimento do trato vocal e das pregas vocais tem uma grande importância na qualidade da voz. Um trato vocal mais longo produz uma voz grave. Uma laringe pequena, com pregas vocais pequenas e trato vocal curto, tem maior chance de produzir uma *pitch*, correlato psicofísico de uma frequência aguda. A variável acústica  $f_0$  é inversamente proporcional ao tamanho corporal e o crescimento tem grande importância na sua determinação (TITZE, 1994).

A relação entre tamanho do corpo e  $f_0$  é conhecida, no entanto as dimensões importantes nesta relação ainda não estão estabelecidas (BEHLAU, 2005). O modelo de estudo da deficiência isolada do GH em Itabaianinha/SE, com acentuada baixa estatura, pode contribuir para a compreensão da relação entre tamanho corporal, dimensões craniofaciais, trato vocal e formantes.

### 2.1 Trato vocal e formantes

A fonação é uma função neurofisiológica inata, é um “ato físico de produção do som em que a energia aerodinâmica gerada pelo fluxo expiratório é convertida em energia acústica, pela vibração das pregas vocais, em número de ciclos glóticos por segundos, correspondentes à frequência fundamental ( $f_0$ ) em hertz (Hz). Os Formantes (F) são os múltiplos da  $f_0$  e indicam as ressonâncias do trato vocal” (filtro), amplificando o som em suas cavidades (PINHO; PONTES et al., 2008).

O trato vocal é um tubo contínuo de 3 cm de diâmetro e 17 cm de comprimento, em distância curvilínea, delimitado anteriormente pelos lábios e narinas, posteriormente pelas pregas vocais (PPVV) situadas no plano horizontal da laringe, um segmento móvel capaz de deslocar-se para cima e para baixo, inclinar-separa frente ou para trás, podendo ser comprida ou curta, larga ou estreita, com proporções diretamente ligadas ao volume e as dimensões do pescoço (PINHO, 2001).

Os músculos intrínsecos da laringe atuam predominantemente no ajuste da fonte glótica ao aproximar (aduzir), afastar (abduzir), e tensionar as PPVV. Os tensores da PPVV são: o tiroaritenóideo interno, que encurta as PPVV na emissão de sons graves e o cricótireóideo (CT), alongando-as na emissão de sons agudos (BEHLAU, 2001).

A cavidade laríngea é dividida em três espaços: a glote, o espaço entre as pregas vocais; a supra glote constituída de estruturas acima das pregas vocais até a borda livre da epiglote; a infraglote com limite na borda inferior da cartilagem cricóide ao anel traqueal (BOONE; MCFARLANE, 2010).

O efeito de ressonância ou filtro corresponde à maneira pela qual o sinal laríngeo é amplificado ao passar pelas cavidades supra glóticas: oral, faríngea e nasal. A faringe e laringe estão ligadas ao osso hioide, à mandíbula e à língua por ação da musculatura extrínseca da laringe, os músculos supra-hióideos elevadores da laringe e infra-hióideos, abaixadores da laringe. A laringe se move verticalmente no pescoço, quando elevada reduz a extensão do trato vocal, favorecendo a emissão dos sons agudos, e quando abaixada alonga o trato vocal, favorecendo aos sons graves (PETER, PINHO E FERREIRA, 2001).

A faringe mede cerca de 10 a 12 cm de comprimento, sendo ligeiramente mais larga na dimensão transversal do que na anteroposterior; é dividida em naso, oro e laringofaringe (ZEMPLIM, 2000). O crescimento da orofaringe em largura refere-se à distância entre a parede posterior da faringe para a margem posterior da cavidade oral (LIEBERMAN et al., 2001). A cavidade posterior do trato vocal é delimitada pela distância vertical de uma linha traçada a partir da glote até à intersecção com a extremidade do comprimento da cavidade oral ou anterior (VORPERIAN et al., 1999).

Os elementos absorventes, moles e não rígidos do trato vocal supra glótico, atua como um filtro ressonador que amortece ou reforça algumas frequências das ondas, cujos determinantes são: a extensão total do trato vocal e as áreas das cavidades supra glóticas. O alongamento do trato vocal diminui a frequência de todos os formantes e o seu encurtamento aumenta a frequência formante (CAMARGO; MADUREIRA; TSUJI, 2003).

A frequência formante é inversamente proporcional ao comprimento do trato vocal (ZEMPLIM, 2000). As cavidades são variáveis importantes no comprimento do trato vocal (figura 1).

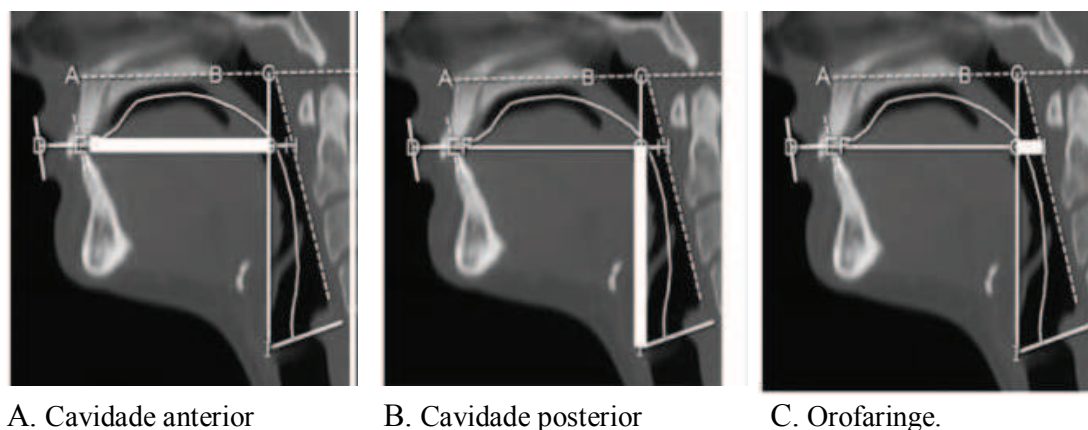


Figura 1. Comprimento do trato vocal em imagens de tomografia computadorizada  
 Fonte: Adaptado de VORPERIAN et al., 2011, p. 995–1010.

A cavidade oral é principalmente composta pelos ossos maxilares, mandíbula, dentes. O crescimento dessas estruturas depende de diversos fatores: gênero, hereditariedade, etnia, condições nutricionais, musculares e funcionais, além de doenças congênitas e adquiridas (REHDER, 2004).

As características acústicas e dimensionais da cavidade oral resultam de movimentos da mandíbula e deslocamento da língua. O palato duro constitui parte da maxila, é o referencial do ponto articulatorio de diversos fonemas, e parte fundamental na ressonância orofacial. O grau de abertura da mandíbula durante a fala é importante para a projeção vocal (ZEMPLIM, 2000).

Estudos sobre a ontogenia da angulação da base craniana humana comparada a dos chimpanzés, estima à influência de dimensões da faringe no comprimento do trato vocal, a partir de uma combinação de pontos mandibulares, palatais relacionados às medidas craniofaciais e da base do crânio (NISHIMURA et al. 2003)

O padrão de crescimento da maxila e mandíbula determina a orientação vertical e horizontal do desenvolvimento das estruturas: oral anterior e faríngea posterior, que representam o alongamento do trato vocal (VORPERIAN et al., 2005).

O estudo funcional da fala abrange as relações entre as estruturas esqueléticas do crânio, face, região cervical, articuladores móveis e a cefalometria, técnica radiográfica que propicia a determinação de medidas lineares e angulares (RAMIRES et al., 2009).

Na tipologia facial, os padrões vertical e horizontal representam diversos fatores descritivos: eixo, altura, ângulo, profundidade facial, arco, ângulo do plano mandibular. Indivíduos com face curta caracterizam-se por: terço inferior da face reduzido, ângulo goníaco fechado, base posterior do crânio mais longa. Os indivíduos com face longa: terço inferior da face aumentado, ângulo goníaco aberto, base posterior do crânio mais curta (BIANCHINI, 2002).

Nas relações entre voz e tipologia facial, indivíduos com face curta apresentam tendência ao deslocamento dos formantes em direção aos agudos, qualidade vocal oral, metálica e de ressonância faríngea. Indivíduos com face longa apresentam a tendência ao deslocamento dos valores dos formantes em direção aos graves. Estas diferenças parecem ter origem na forma e configuração do trato vocal (OLIVEIRA; PINHO, 2001).

A geometria tridimensional deste tubo altera a qualidade vocal pela ação de fatores extrínsecos, tais como: formato e volume das cavidades, maxila, mandíbula, dentes, língua, biomecânica da laringe e sistema respiratório (WILSON; 1987; LAVER, 2000).

O “Modelo Fonético de Descrição da Qualidade Vocal, Fonte e Filtro” apresentado por Laver (1980) relaciona o sinal sonoro produzido pela laringe e a filtragem do som pelo trato vocal em estruturas da faringe, cavidades oral e nasal (PINHO; PONTES, 2008).

A qualidade vocal resulta de fatores intrínsecos da anatomia do aparelho fonador, e fatores extrínsecos, os *settings*, unidade analítica do modelo de ajustes musculares supralaríngeos da dimensão vertical do trato (longitudinais) e de diâmetro (transversais). Os ajustes supralaríngeos longitudinais incluem: laringe alta, baixa; protrusão labial e labiodentalização. Os ajustes supralaríngeos transversais compreendem: lábios arredondados e estirados; mandíbula fechada e aberta; ponta e corpo da língua avançado, retraído, elevado, abaixado; base de língua, constrição e expansão (LAVER, 2000).

As quatro regras primárias para a configuração do trato vocal na produção dos formantes são (TITZE, 2000):

1. Abaixar a laringe reduz todos os valores dos formantes, porque o trato vocal é alongado; elevar a laringe eleva todos os valores dos formantes porque o trato vocal é encurtado;
2. Arredondar os lábios reduz todos os valores dos formantes; estirar os lábios eleva todos os valores dos formantes;
3. Retrair a língua, por fazer uma constrição oral posterior eleva os valores do primeiro formante, e reduz os valores do segundo formante;
4. Elevar a língua, por fazer uma constrição oral anterior reduz os valores do primeiro formante, e eleva os valores do segundo formante.

O primeiro formante ( $F_1$ ) está relacionado com o deslocamento da língua no plano vertical, e a energia sonora é amplificada na cavidade oral posterior (FANT, 1970). O segundo formante ( $F_2$ ) relaciona-se com o deslocamento da língua no sentido anteroposterior e tem seu *locus* na cavidade oral anterior (PINHO, 2001; CAMARGO; MADUREIRA; TSUJI, 2003).

O terceiro formante ( $F_3$ ) depende do tamanho da cavidade situada imediatamente atrás dos dentes incisivos, corresponde à área de ressonância acima das pregas vocais, os ventrículos laríngenos, as pregas arriepiglóticas e vestibulares (ZEMPLIM, 2000).

O quarto formante ( $F_4$ ) relaciona-se a forma do tubo laríngeo. O quinto formante ( $F_5 = F_3 + F_4$ ) é dependente do comprimento do trato vocal e da configuração na profundidade da faringe (SUNDBERG, 1974). O agrupamento de  $F_3$   $F_4$   $F_5$  corresponde ao formante do cantor ( $F_c$ ), o qual comumente aparece entre 2.800 e 3.400Hz e relaciona-se à percepção de projeção e brilho vocais (MASTER et al., 2006), atribuído ao efeito supraglótico orofaríngeo, som claro com amplificação de tons agudos na cavidade oral, e som escuro predominando os tons graves amplificados na cavidade faríngea (BRANDI, 2007).

Os principais ajustes empregados na produção dos formantes apresentam-se resumidos na tabela 1 (BEHLAU, 2001).

Tabela 1: Relações entre formantes do som e principais ajustes articulatórios empregados.

<i><b>Formante</b></i>	<i><b>Provável Mecanismo de Produção</b></i>	<i><b>Consequência Acústica</b></i>
1º Formante $F_1$	Abertura da mandíbula Abaixamento da língua Deslocamento Vertical da língua Constricção da faringe	Mandíbula abaixada- $F_1$ aumenta Mandíbula fechada- $F_1$ reduz Abaixamento anterior da língua- $F_1$ aumenta Elevação anterior da língua- $F_1$ reduz Estreitamento da faringe- $F_1$ aumenta Alargamento da faringe- $F_1$ reduz
2º Formante $F_2$	Modificação da forma do corpo da língua Deslocamento horizontal da língua Elevação Posterior da língua	Língua anteriorizada- $F_2$ aumenta Língua posteriorizada- $F_2$ reduz Língua posteriormente abaixada- $F_2$ aumenta Língua posteriormente elevada- $F_2$ reduz
3º Formante $F_3$	Tamanho da cavidade situada imediatamente atrás dos incisivos	Menor cavidade- $F_3$ aumenta Maior cavidade- $F_3$ reduz
4º Formante $F_4$	Comprimento do trato vocal Configuração do tubo da laringe Volume do ventrículo laríngeo	Tubo estreitado- $F_4$ aumenta Tubo alargado- $F_4$ reduz Ventrículo comprimido- $F_4$ aumenta Ventrículo expandido- $F_4$ reduz
Todos os formantes $F$	Arredondamento dos lábios Alongamento do trato vocal	Lábios estirados- $F$ aumentam Lábios arredondados- $F$ reduzem Trato encurtado- $F$ aumenta Trato alongado- $F$ reduz
Formante do cantor $F_C$	Abaixamento da laringe Constricção ariepiglótica Expansão de todo o trato vocal	Laringe baixa- $F_C$ aumenta Laringe elevada- $F_C$ reduz Constricção ariepiglótica- $F_C$ aumenta Expansão ariepiglótica- $F_C$ reduz Trato vocal expandido- $F_C$ aumenta Trato vocal comprimido- $F_C$ reduz

Fonte: BEHLAU et al., 2001, p. 158.

## 2.2. Análise acústica computadorizada do formante

A fonética acústica investiga os sons a partir da percepção e produção da fisiologia vocal por meio da dinâmica de movimentação dos órgãos fonoarticulatórios da fala: lábios, língua, mandíbula dentes, palato duro, véu palatino e a laringe, que modificam o comprimento do trato vocal. As propriedades físicas acústicas derivadas de propriedades articulatórias dos sons são: duração, intensidade, frequência fundamental e dos formantes. (SEARA; GONZAGA; LAZZAROTTO-VOLCÃO, 2011).

A análise acústica computadorizada oferece parâmetros, os quais contribuem para diferenciação de vozes quanto ao gênero, idade, uso profissional e disfonia. Fornece o detalhamento do sinal sonoro em eventos das porções glóticas (HIRANO, BLESS; 1997) e supra glótica do trato vocal (KENT; READ, 2002). O espectro representa uma simulação da capacidade da membrana basilar do ouvido interno em captar a onda sonora (PONTES et al., 2002).

O espectrograma é um gráfico tridimensional (Figura 2) que propicia a visualização dos elementos da onda sonora: a intensidade, medida em decibel (dB) representada pelo grau de escurecimento do traçado; o tempo(milissegundos) registrado pela variação na abscissa, da esquerda para a direita; a frequências de  $f_0$  e dos formantes em hertz (Hz); distribuídos em faixas horizontais em zonas de maior concentração de energia, representadas na cor cinza, a primeira zona mais escura é o  $F_1$  (SCHWARZ; CIELO, 2009; VALENTIM; CÔRTEZ; GAMA, 2010).

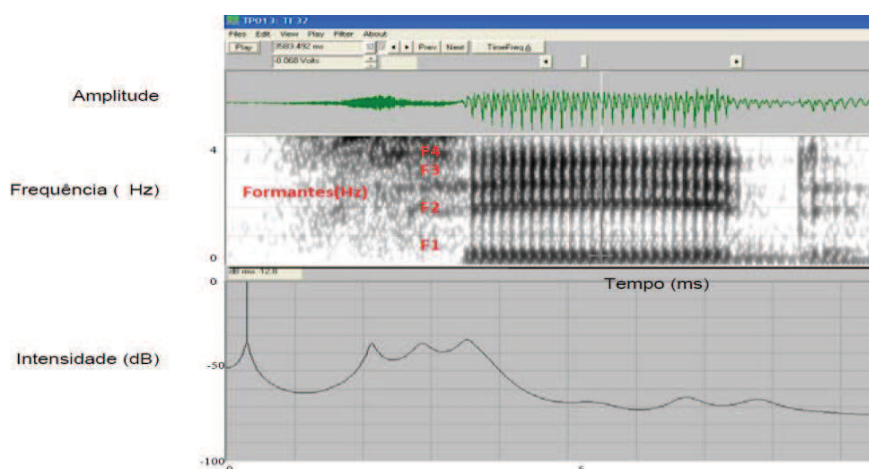


Figura 2: Elementos de um espectrograma visualizado no programa TF32.  
Fonte: ARAUJO, 2007.



O espectro sonoro é individual, no entanto determinados achados espectrográficos caracterizam um padrão acústico para cada faixa etária por gênero. Lima (2007) considera que a variabilidade de características espectrográficas no Brasil concorda com medidas acústicas por população e raça (GUIMARÃES; ABBERTON, 2005; GODINO-LLORENTE et al., 2008). É recomendada a normatização dos dados em diferentes algoritmos, considerando *software*, protocolo de coleta, uso de microfone e tarefas fonatória de vogal isolada e fala encadeada (BEBER; CIELO, 2012).

As espectrografias das vozes masculinas, consideradas normais, tendem a apresentar formantes e harmônicos graves, na região inferior do espectro (BEBER; CIELO, 2011). Em mulheres sem queixas vocais, não fumantes, nem elitistas há uma queda nos valores de F<sub>1</sub> a partir dos 40 anos (De CARVALHO TELES; ROSINHA, 2008). Valores médios de referência dos formantes para homens e mulheres falantes do português brasileiro da cidade de São Paulo são apresentados na tabela 2.

Tabela 2: Valores médios dos formantes para homens e mulheres falantes do português brasileiro da cidade de São Paulo, (Monteiro, 1995).

<i>Grupos</i>	<i>Formantes</i>	<i>“i”</i>	<i>“ê”</i>	<i>“e”</i>	<i>“a”</i>	<i>“ô”</i>	<i>“o”</i>	<i>“u”</i>	Font
<b>Homens</b>	F1	312	406	589	730	607	458	390	e:
	F2	1.964	1.944	1.751	1.273	1.042	924	1.423	BEH
	F3	2.669	2.689	2.477	2.425	2.470	2.419	2.746	LAU
<b>Mulheres</b>	F1	369	450	640	925	721	505	429	et al.,
	F2	2.269	1.912	2.062	1.767	1.321	1.176	1.436	2001
	F3	3.179	2.816	3.046	3.089	2.900	2.470	2.812	, p.

159.

Os valores dos formantes representam a ressonância do trato vocal e acompanham a posição articulatória específica da vogal, alta-baixa; anterior-posterior, arredondada-não arredondada. Diversos estudos oferecem a referência padrão de dados acústicos universais e características dos sistemas vocálicos das línguas, ou seja, inglês, português brasileiro e europeu (ANDRADE, 2009; ESCUDERO et al. 2009; CUNHA, 2011).

### 2.2.1 Formante: o efeito da vogal

Vogais são sons produzidos com o fluxo de ar dos pulmões semobstrução no trato vocal. Na produção das vogais orais, o véu palatino fecha a passagem à cavidade nasal, fazendo com que o ar saia somente pelo trato oral. Nas vogais nasais, o véu palatino encontra-se abaixado, permitindo que o ar passe também pela cavidade nasal (SEARA; GONZAGA; LAZZAROTTO-VOLCÃO, 2011).

As vogais orais do português brasileiro [a], [ê], [é], [i], [ó], [ô], [u], representadas na figura 3, são classificadas, a partir de três parâmetros (RUSSO; BEHLAU, 1993):

- Plano Vertical: correspondente à elevação gradual da língua, e são definidas em alta, média-alta, média-baixa e baixa.
- Plano Horizontal: correspondente ao avanço ou recuo do corpo da língua e podem ser classificadas em anterior, central e posterior.
- Posição dos lábios: correspondente ao grau de estiramento dos lábios, podendo ser arredondada ou não arredondada.

A descrição fonológica das vogais em termos articulatórios denota uma simetria interna do inventário vocálico português: vogal baixa central [a], três vogais anteriores [i, ê, é]; três vogais posteriores [u, ô, ó]; as quais se agrupam em pares de vogais altas [i-u], vogais médias altas [ê-ô], vogais médias baixas [é-ó]. A observação em imagens de ressonância magnética (figura 4) refere abertura do trato mais ampla na articulação das vogais baixas do que nas vogais altas e médias (SEARA; GONZAGA; LAZZAROTTO-VOLCÃO, 2011).

A identificação da vogal é baseada em  $F_1$  e  $F_2$ , no entanto, recomenda-se associação a  $f_0$  e  $F_3$  para identificação de gênero (HILLENBRAND; CLARK, 2009). O padrão acústico  $F_1$   $F_2$  relaciona-se às diferenças entre adultos e crianças, quanto à posição da língua no plano vertical em ( $F_1$ ), avanço e recuo de língua em ( $F_2$ ); em adultos  $F_1$  é menos evidente, sugerindo maior precisão do movimento de mandíbula em crianças (EGUCHI; HIRSH, 1969).

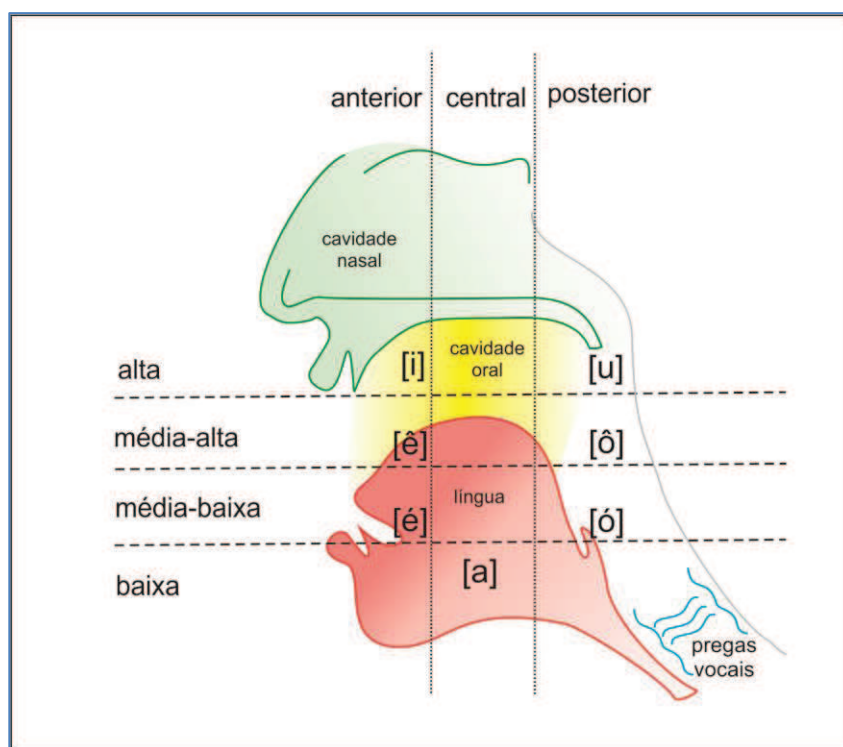


Figura 3: Diagrama esquemático da classificação das vogais: planos horizontal e vertical  
 Fonte: Adaptado RUSSO; BEHLAU, 1993. p.33.; MATEUS, et al.,2005.

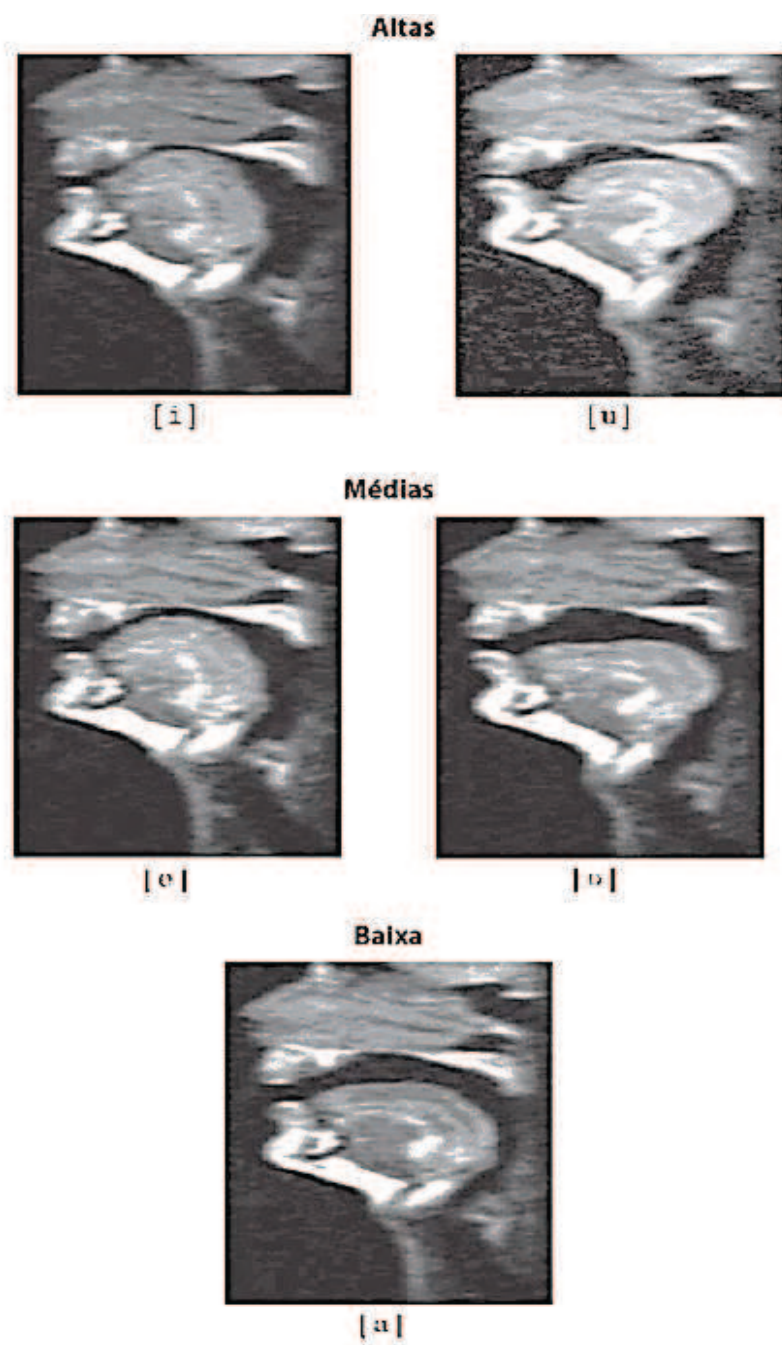


Figura 4: Posição da língua no trato oral em relação aos eixos vertical e horizontal.  
Fonte: SEARA et al.2011, p.29.

Protocolos de análise acústica das vogais extremas [a, i, u] indicam a variabilidade das regiões do espectro em falantes do português brasileiro. Por meio de videofluoroscopia, em secção transversal, distinguiu-se em  $F_1$ ,  $F_2$ ,  $F_3$  a vogal [é] como neutra, em relação à menor influência das modificações do trato vocal, e mais próxima às frequências de ressonância de um tubo mais uniforme (GONÇALVES et al. 2009).

No sistema vocálico adulto, considera-se a variação dialetal geográfica e linguística ao longo de cinco décadas, do local do nascimento e da residência, cujo efeito é observado em vogais baixas [a, é, ó] e alta posterior [u] (CLOPPER; PISONI; DE JONG, 2005).

Em vogais anteriores [i, ê, é] os lábios retraídos estirados contribuem para a diferença na posição alta da laringe, trato vocal menor e valores elevados de formantes; e os lábios arredondados e protuídos das vogais posteriores [u, ô, ó] devem refletir em posição mais baixa da laringe e valores reduzidos dos formantes (KENT; READ, 2002).

$F_1$  é o parâmetro acústico para distinção de vogais de acordo com a classificação no plano vertical: vogais altas [i, u], média alta [ê, ô]; média baixa [é, ó], sendo  $F_1$  elevado nas vogais baixas [a, é, ó] e  $F_1$  reduzido nas vogais altas [u, i] (HARRINGTON et al., 2008; RAUBER, 2008; LADEFOGED, 2012; ESCUDERO; BOERSMA, 2009).

$F_2$  é o parâmetro acústico para distinção de vogais de acordo com a classificação no plano horizontais sendo os valores de  $F_2$  em vogais anteriores [i, ê, é] mais elevados do que valores de  $F_2$  de vogais posteriores [u, ô, ó] (ESCUDERO et al., 2009).  $F_2$  é maior para [i] do que para [u] (HILLENBRAND; CLARK, 2009). A diferença entre os formantes [i] e [u] é comparável à diferença do comprimento do trato vocal feminino menor do que o masculino (CUNHA, 2011; RAUBER, 2008).

A vogal [i] apresenta ampla cavidade posterior e reduzida cavidade anterior, devido à articulação com língua alta e anterior, podemos entender por que essa vogal tem  $F_1$  grave amplificado em cavidade posterior grande, e  $F_2$  agudo amplificado em cavidade anterior pequena. A vogal [u] apresenta valores menores de  $F_1$  e  $F_2$ , é considerada a vogal mais grave de todas, por sua vez caracteriza-se por amplas cavidades, a anterior e a posterior, devido à posição de língua alta e posterior. Esse raciocínio pode ser aplicado a todas as vogais (PINHO, 2001).

### 2.2.2 Formante: efeito do gênero e da idade.

A anatomia e fisiologia da laringe humana refletem várias adaptações evolutivas da linguagem humana e compreendem a descida do osso hióide, da cartilagem tireóide e da laringe, além de ajustes das pregas vocais em comprimento, tensão e forma (NISHIMURA, 2003).

Os dados acústicos da vogal em idade cronológica e gênero devem ser observados concomitantemente a outros índices de crescimento, como a circunferência da cabeça, diâmetro do pescoço, peso, crescimento percentual e estatura, intimamente correlacionados com o comprimento do trato vocal (FITCH, 2000).

Em estudos de crescimento, a idade cronológica e o gênero são variáveis dependentes e determinantes das propriedades acústicas da voz e do padrão de um idioma. A estrutura dos formantes em função da idade, não é atribuída exclusivamente ao alongamento uniforme do trato vocal. A anatomia do desenvolvimento é estudada separadamente para os sistemas supralaríngeo, laríngeo e velo faríngeo (VORPERIAN; KENT, 2007).

O trato vocal adulto em relação ao infantil apresenta em média, 25% e 42% menores para meninos e meninas aos oito anos. A relação entre as medidas do corpo e o decréscimo dos valores dos formantes com o avanço da idade é mais evidente em homens (GONZÁLEZ, 2004; HARNSBERGER et al., 2008). Durante a puberdade, ocorrem mudanças nas dimensões dos planos infra glótico, sagital, transversal da laringe e anteroposterior, maior aumento na laringe masculina, variabilidade do *pitch*, sensação psicofísica da frequência em tom mais grave (BEHLAU, 2005).

O dimorfismo sexual no tamanho da laringe começa a ser evidente aos três anos de idade, entre seis e sete anos de idade aparecem diferenciação das camadas das pregas vocais que não influenciam na  $f_0$  até à puberdade (ECKEL et al., 2000). Estudos relacionando idade, gênero e voz, abrangem a distribuição de colágeno e elastina nas pregas vocais (HAMMOND; GRAY; BUTLER, 2000).

Na puberdade a estimulação hormonal da hipófise sobre a intensa atividade das gônadas, leva à produção de esteroides sexuais (GUIMARÃES et al., 1995). O hormônio

testosterona condiciona características morfológicas secundárias e mudança vocal mais acentuada nos homens: posição da laringe mais baixa, aumento na dimensão anteroposterior e do músculo tireoaritenóideo; pregas vocais mais compridas e mais largas, trato vocal mais longo, contribuindo para o decréscimo da  $f_0$  (BRASIL, YAMASAKI; LEÃO, 2005).

Em vozes masculinas espera-se  $f_0$  da vogal [a] e formantes mais graves (BEBER, CIELO, 2011; KAZI et al. 2007). Homens tendem a apresentar face mais longa do que mulheres e consequentemente, trato vocal mais longo com tendência a deslocamento dos formantes para os graves (OLIVEIRA; PINHO 2001).

O efeito em  $f_0$  e formantes mais elevadas no gênero feminino é relacionado à posição mais alta da vogal (WHALEN; LEVITT, 1995). A diferença entre os formantes das vogais [i] e [u] é comparável à diferença do comprimento do trato vocal feminino menor do que o masculino (CUNHA, 2011; RAUBER, 2008).

As diferenças de gênero no formante são bem estabelecidas entre 10 e 12 anos, para  $F_1$  nas vogais baixas [a, é, ó], e para  $F_2$  na vogal [i], podem refletir no gênero masculino o crescimento do trato vocal não proporcionado em relação à cavidade anterior oral versus cavidade posterior faríngea, representadas por meio das fórmulas: comprimento da cavidade faríngea =  $35300/2 \times F_2$ ; comprimento da cavidade oral =  $35300/2 \times F_3$  (FANT, 1975). O efeito do gênero em  $F_2$  pode ser um indicativo de dimorfismo sexual no comprimento da orofaringe, largura e volume (WHITESIDE; HODGSON, 2000).

Em série longitudinal de radiografias, na segunda infância de 6 a 8 anos, a forma do trato vocal muda na relação entre a altura da faringe e comprimento da cavidade oral (LIEBERMAN et al., 2001; PERRY et al., 2001). Em homens, o salto global  $F_1$  e  $F_3$ , para todas vogais, entre 11 e 15 anos, deve-se à descida secundária da laringe (FITCH; GIEDD, 1999) e crescimento axial uniforme de caixa craniana, coluna vertebral e caixa torácica (LEE et al. 1999).

A voz é relativamente estável dos 20 aos 60 anos de idade, na senescência são descritos o aumento da  $f_0$  para homens e redução para mulheres (SANTOS, 2005); o deslocamento dos formantes das vogais não são amplamente conhecidos.

### 2.3. Eixo Hormônio de Crescimento (GH)

O hormônio de crescimento, somatotrópico ou somatotropina, é o peptídeo produzido em maior quantidade pela hipófise anterior; possui estrutura molecular de 191 aminoácidos e pesa cerca de 22.000 daltons. A ligação do hormônio liberador de GH (GHRH) ao seu receptor (GHRH-R) é um dos estímulos para a produção e secreção do GH (SALVATORI, 2001).

Em uma hipófise normal encontram-se 3 a 5mg de GH, com secreção diária em torno de 500 a 875ng. Cinco genes localizados no cromossomo 17 codificam o GH, o gene hGH-N (ou GH1), que é seletivamente transcrito nos somatotrofos é responsável pela síntese do GH hipofisário (MELMED et al., 2002). A secreção do GH ocorre em pulsos, principalmente durante o sono, com meia-vida de aproximadamente 20 minutos (GREENSPAN et al., 1997).

Os efeitos biológicos do GH são em grande parte mediados pela produção do IGF-I produzidos na maioria dos órgãos e tecidos, sendo o fígado a principal fonte dos IGFs circulantes (BOGUSZEWSKI, 2001; MARTINELLI JR et al., 2002). O eixo GH-IGF está sumarizado na figura 5.

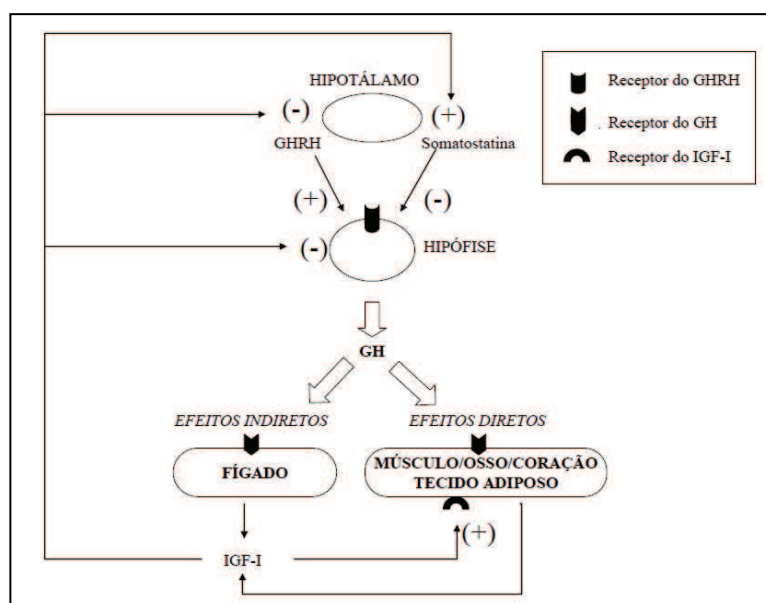


Figura 5. Esquema da regulação intrínseca do eixo GH-IGF-I.  
Fonte: AGUIAR-OLIVEIRA et al., 2010.



Dentre as causas endócrinas da baixa estatura a principal é a deficiência absoluta ou relativa de IGF-I, que compreende a deficiência de GH (DGH) genética isolada ou associada a outros hormônios hipotalâmicos e hipofisários. A deficiência do Hormônio do Crescimento (DGH) genética e isolada como causa de baixa estatura é estimada em 1/3.480 a 1/10.000 por nascidos vivos (LACEY; PARRKIN, 1974; LINDSAY et al., 1994). As causas genéticas mais frequentes de DGH são as mutações no gene do GH (GH1) no cromossoma 17q23 (PHILLIPS et al., 1981), ou no gene do receptor do GHRH (GHRH-R) no cromossomo 7p14 (WAJNRAJCH et al., 1996; CARAKUSHANSKI et al., 2003).

### **2.3.1 Deficiência genética e isolada do GH (DIGH)**

A primeira mutação no GHRH humano foi identificada na Índia em uma família com deficiência isolada de GH por Wajnarach e colaboradores em 1996. No Brasil na comunidade de Itabaianinha, foi descrita por Salvatori et al. em 1999, uma segunda mutação autossômica recessiva inativadora no gene do GHRH. Este município situa-se à aproximadamente 120 km de Aracaju, no sul do estado de Sergipe, apresentando 30,8 mil habitantes, sendo 19 mil na zona rural. Em 1995 iniciou-se um estudo clínico e genético dos indivíduos de baixa estatura.

No mundo, existem apenas três outras genealogias com deficiência isolada do GH devido à mesma mutação do receptor do GHRH. Essas três famílias apresentam uma troca de Guanina por Timina no exón três, e são conhecidas por: Anões de Bombain (Índia), Anões de Sindh (Paquistão) e Anões de Delf (Sri Lanka) (NETCHINE et al., 1998). Tanto a mutação de Itabaianinha como aquelas descritas em Bombain, Sindh e Delf provocam um truncamento do receptor do GHRH, assim suas características fenotípicas são similares.

Os “anões” de Itabaianinha apresentam as seguintes características fenotípicas: baixa estatura acentuada e proporcionada, redução vertical da face, “fácies de boneca”, fronte proeminente, voz com timbre alto e agudo, cabelos finos e esparsos e não apresentam as alterações associadas a deficiências múltiplas de outros hormônios hipofisários. Em consequência do grande isolamento geográfico e do alto índice de consanguinidade, as cópias dos alelos com esta mutação passaram a associar-se causando a DIGH (SOUZA et al., 2004).

Este fenótipo é causado pela uma mutação, de *splicing*, no início do intron1 do gene do receptor do *GHRH* pela substituição de uma Guanina por Adenina (c.57 +1 G→A)(SALVATORI et al., 1999) (Figura 6).

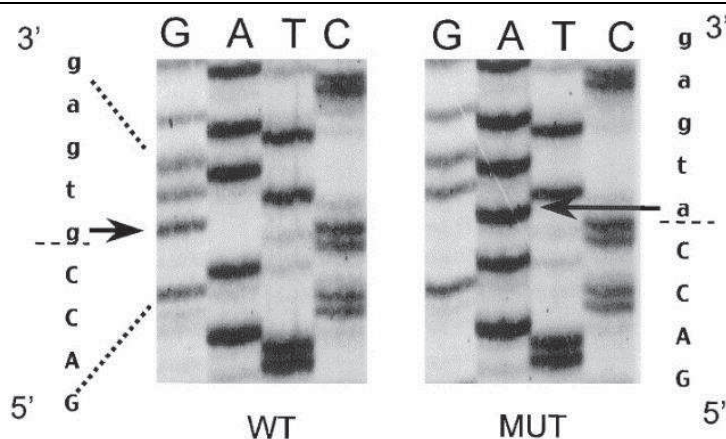


Figura 6. Mutação homozigótica o do gene do GHRHR (receptor do hormônio liberador do GH)  
Guanina → Adenina (c.57 +1 G→A).  
Fonte: SALVATORI, R. et al. 1999.

A deficiência de GH pode ser classificada com base no padrão de herança determinante por desordens mendelianas. Existem pelo menos quatro desordens: DIGH IA, DIGH IB, DIGH II e DIGH III, todas apresentadas de forma sintética na tabela 3.

A DIGH de Itabaianinha é do tipo IB com GH bastante diminuído, sendo o pico máximo do GH obtido de 1,0 ng/ml (SALVATORI et al., 2002), abaixo de 3 ng/ml, o qual define a DGH como muito severa. A dosagem do IGF-I foi extremamente baixa e as dosagens dos outros hormônios hipofisários, tireoidianos, gonadais e prolactina foram normais (AGUIAR-OLIVEIRA et al., 1999).

Tabela 3. Tabela das características dos padrões mendelianos da DIGH

	<b>DIGH IA</b>	<b>DIGH IB</b>	<b>DIGH II</b>	<b>DIGH III</b>
<b>Padrão Genético</b>	Homozigotos	Homozigotos	Heterozigotos	Heterozigotos
<b>Herança</b>	Autossômico Recessivo	Autossômico Recessivo	Autossômico Dominante	Ligada ao cromossomo X.
<b>Nível de GH</b>	Ausente	Níveis plasmáticos baixos, porém detectáveis.	Níveis plasmáticos baixos, porém detectáveis.	Níveis plasmáticos baixos, porém detectáveis.
<b>Características Clínicas</b>	Retardo severo do crescimento (perceptível aos 06 meses de vida) Pode estar associado a episódios de hipoglicemia	Baixa Estatura	Apresentam sempre um dos pais com o problema, e a severidade das manifestações clínicas varia entre os parentes afetados.	As manifestações clínicas costumam ser distintas nas diferentes famílias com esta forma de DIGH; Pode apresentar um quadro clínico de agamaglobulinemia associada à deficiência de GH, além de retardo mental.
<b>Resposta ao tratamento com GH</b>	Inicialmente respondem bem, mas muitos desenvolvem anticorpos anti-GH.	Boa resposta.	Boa resposta.	Não determinado
<b>Produção de Anticorpos Anti-GH</b>	Sim	Não	Não	Não determinado

Fonte: Boguszewski et al., 2001; Marui et al., 2002.

A baixa estatura na DIGH é proporcional, com a razão entre os segmentos superior e os inferiores do corpo próximo a um. As dimensões ósseas das mãos, pés, cintura escapular, pélvica e crânio (OLIVEIRA et al., 2003) são proporcionalmente reduzidas, refletindo o efeito uniforme do GH no crescimento ósseo.

A massa magra estimada pela interactância de infravermelho está reduzida em crianças e adolescentes com DIGH, e essa diferença é mais acentuada no final da puberdade do que na infância, sugerindo um papel importante do GH associado aos esteróides sexuais no estabelecimento da massa muscular e da composição corpórea normal (De A. BARRETTO et al., 1999).

Os indivíduos com DIGH de Itabaianinha demonstram em avaliação laríngea e análise perceptivo-auditiva da voz de ambos os gêneros, sinais de refluxo laringofaríngeo, constrição laríngea, rouquidão, soprosidade e tensão, o que sugere um papel proeminente da DIGH sobre esses parâmetros (BARRETO et al., 2009).

Na DIGH, a  $f_0$  elevada ( $205,72 \pm 29,91\text{Hz}$ ) nos homens e nas mulheres ( $239,53 \pm 33,56\text{ Hz}$ ) corresponde à média de 235 Hz para as crianças brasileiras na faixa etária de 8 a 11 anos (BEHLALU; TOSI; PONTES, 1985), cuja estatura é próxima a dos adultos DIGH (SOUZA, et al., 2004).

Na DIGH a  $f_0$  apresentou correlação negativa com perímetro craniano. Em homens DIGH a  $f_0$  foi mais elevada e perímetro craniano reduzido comparado à baixa estatura sem DIGH com  $f_0$  similar aos controles, sugerindo que outros fatores além da estatura podem contribuir para a  $f_0$  elevada (VALENÇA et al., 2010).

Estudos cefalométricos em adultos com DIGH, e demonstraram a redução dos valores absolutos de todas as medidas lineares, especialmente o comprimento maxilar total, seguido de um conjunto de medidas com redução similares: comprimento total mandibular, base craniana, anterior e posterior, e altura facial, total e posterior (OLIVEIRA-NETO et al., 2011).

Na DIGH a altura facial anterior inferior é diminuída, Os indivíduos de face curta apresentam uma tendência a pitch agudo, voz metálica e a ressonância faríngea, diferenças que podem ter origem na forma, configuração supra glótica ou característica do tecido de cobertura do trato vocal (OLIVERA; PINHO, 2001).

### **3 OBJETIVOS**

#### **3.1 Objetivo Geral**

Avaliar a estrutura dos formantes ( $F_1$ ,  $F_2$ ,  $F_3$  e  $F_4$ ) das sete vogais orais do português brasileiro [a], [é], [ê], [i], [ó], [o], [u] em indivíduos com deficiência isolada do hormônio do crescimento (DIGH).

#### **3.2 Objetivos Específicos**

1. Avaliar o efeito do gênero nas medidas acústicas dos formantes  $F_1$ ,  $F_2$ ,  $F_3$  e  $F_4$  das sete vogais orais do português brasileiro em indivíduos com DIGH.
2. Determinar o efeito da idade nas medidas acústicas dos formantes  $F_1$ ,  $F_2$ ,  $F_3$  e  $F_4$  das sete vogais orais do português brasileiro em indivíduos com DIGH.
3. Identificar o efeito da vogal nas medidas acústicas dos formantes  $F_1$ ,  $F_2$ , em indivíduos com DIGH.

## **4 CASUÍSTICA E MÉTODOS**

### **4.1 Área de Estudo**

O município de Itabaianinha situa-se na zona oeste do Centro-Sul do Estado de Sergipe, possui cerca de 40 mil habitantes e área territorial de 478 km<sup>2</sup>, distando 154 km da capital Aracaju. A agricultura e as olarias artesanais são as atividades de sustento das famílias. Embora oriundos do meio rural, a grande maioria dos anões e seus familiares estão em fase de urbanização. A incidência fenotípica da DIGH em Itabaianinha é bastante elevada (1:279) tornando-se maior se considerarmos Carretéis (1:32), um aglomerado rural a 14 km ao noroeste do município, onde nasceram os anões e todos os seus ancestrais (SOUZA, 1997).

### **4.2 Casuística**

Esse estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa, CAAE 0199.0.107.00-09. A comunidade alvo foi informada sobre: objetivos e etapas da pesquisa bem como do caráter voluntário e sigiloso da sua participação. Desta forma ciente dos procedimentos, os participantes consentiram a realização e divulgação dos resultados, assinando o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (ANEXO A).

A pesquisa de campo foi realizada a partir de viagens quinzenais para o município de Itabaianinha (SE) com reuniões na Associação do Crescimento Físico e Humano (ASCRIM) e busca ativa domiciliar.

Para composição do grupo de portadores de DIGH, foram convocados os 33 pacientes registrados na pesquisa sobre percepção vocal e análise acústica realizada na dissertação de mestrado de Valença (2012). Destes, dois faleceram antes do início desta pesquisa, no entanto dois novos indivíduos foram incluídos. Para o grupo sem DIGH, foram recrutados os familiares e/ou vizinhos dos pacientes com DIGH, residentes em Itabaianinha (SE) a fim de minimizar a variação dialetal geográfica do sistema vocálico adulto, ao longo de cinco décadas, do local do nascimento e da residência, e o efeito em vogais (CLOPPER; PISONI; DE JONG, 2005).

#### **4.2.1 Critérios de Exclusão**

1. Idade inferior a 19 anos de idade, limite para o término da muda vocal, característica da puberdade.
2. Antecedentes médicos de doenças neurológicas, endocrinológicas ou gástricas; queixas vocais.
3. Inaptidão verbal para o cumprimento do protocolo da análise acústica computadorizada da voz.
4. Deficiência mental impossibilitando a emissão correta das vogais.

#### **4.2.2 Critérios de inclusão**

1. Aderir ao TCLE.
2. Fonte glótica e laringe sem afecções.
3. Grupo DIGH: genotipagem positiva para mutação no gene GHRHR (c.57+1, G>A).
4. Grupo Controle sem DIGH: genotipagem negativa para mutação no gene GHRHR. Pareados em relação à idade e ao gênero.

#### **4.2.3. Amostra**

62 indivíduos, com idade média de 44,48(17,60) anos para DIGH e 51,10(17,65) anos para o grupo controle, distribuídos em dois grupos de ambos os gêneros:

- 33 Indivíduos com DIGH: 17 homens, 16 mulheres.
- 29 Indivíduos sem DIGH: 14 homens; 15 mulheres.

## 4.3 Métodos

### 4.3.1. Tipo de estudo

Transversal.

### 4.3.2. Análise Acústica dos Formantes

#### a) Captação do áudio

A captação do som foi realizada no Hospital Universitário da Universidade Federal de Sergipe, em sala silenciosa, com o nível de ruído ambiental próximo a 40 dB, por microfone tipo unidirecional marca *shure*, modelo TSI PRO BR-SW, supercardioide, posicionado a uma distância de 5 a 10 centímetros à frente da boca do falante com ângulo aproximado de 45°.

Foram gravadas as amostras vocais individuais das sete vogais orais do português brasileiro [a],[ê],[é],[i],[ó],[ô],[u]. Foi solicitado aos indivíduos que emitissem cada vogal de modo sustentado e em sua frequência e intensidade habituais, após o modelo oral do ajuste articulatorio empregado. Diante da dificuldade de compreensão do modelo, e a fim de garantir a qualidade de gravação os avaliados foram convidados a repetir a tarefa, sem hesitação. No texto foi utilizada a representação das vogais em símbolos ortográficos, entre colchetes, separadas por vírgula, exemplo [i, ê, é], citando os pares de vogais separadas por hífen, exemplo: [i-u].

#### b) Edição do áudio

Os áudios das amostras de vozes foram salvos em arquivos de formato *wave*, digitalizados e editados pelo software *Sound Forge* versão 10.0 (VIEGAS, 2009; LIMA et al 2007; MAGRI et al., 2007) e armazenadas em um banco de dados do Laboratório de Voz do Curso de Fonoaudiologia da UFS-São Cristóvão.



### c) Extração de medidas dos formantes

A espectrografia acústica foi realizada por meio do programa computadorizado desenvolvido pelos linguistas, Paul Boersma & David Weenink (2013): *Praat: doing phonetics by computer* [Computer program], Version 5.3.51, disponível em 2 Junho de 2013, from <http://www.praat.org/> (SCHWARZ; CIELO 2009; VALENTIM; CÔRTEZ; GAMA. 2010).

As amostras individuais do áudio de cada vogal foram analisadas no *software PRAAT* em mono canal e taxa de amostragem de 22050 Hz. O segmento da porção intermediária da onda sonora foi selecionado manualmente, para extração dos valores das frequências dos formantes no tempo central do áudio de cada vogal (MAGRI, et al., 2007).

O espectrograma registra em uma mesma janela (figura 7), o tempo central da análise do sinal de cada vogal em segundos; os valores das frequências em Hertz (Hz) dos quatro primeiros formantes ( $F_1$ ,  $F_2$ ,  $F_3$  e  $F_4$ ) de cada uma das sete vogais, assim foram realizadas 28 análises para cada um dos 62 indivíduos, totalizando 1736 medidas.

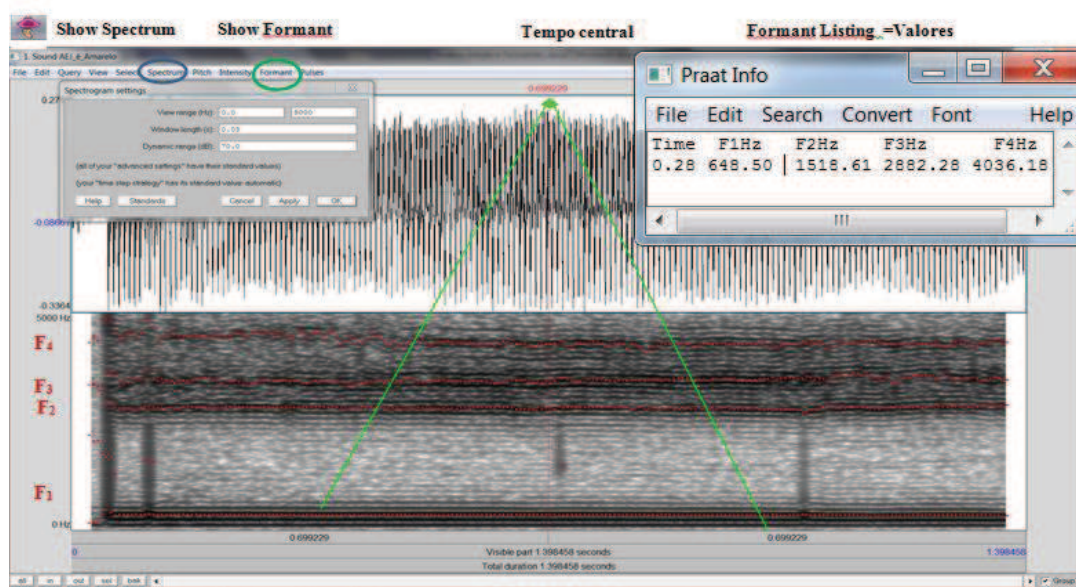


Figura 7: Extração de medidas de formantes no *Praat*. Disponível em: <http://www.praat.org>.  
Fonte: BOERSMA; WEENINK, 2013.

### 4.3.3 Análise Estatística

Os valores individuais das variáveis: idade (anos), estatura (cm), formantes (hertz), estão apresentados de modo ascendente e por gênero (masculino, feminino), para os dois grupos DIGH e controles, APÊNDICES D, E, Fe G.

Para verificar a distribuição das variáveis foram aplicados os testes *Skewness e Kurtosis*. Variáveis de distribuição normal foram expressos em média (desvio padrão), variáveis de distribuição não normal foram expressos em mediana (distância interquartílica). As tabelas apresentam médias e medianas dos quatros formante (F), número(n), das sete vogais, escritas entre colchetes [ ], exemplo: Fn [i]→ F2[i]= segundo formante da vogal [i].

Para a comparação entre grupos foram utilizadosos testes: teste *t* de *Student* para as variáveis de distribuição normal; e teste de *Mann-Whitney* para as variáveis de distribuição não normal. A distinção entre vogais nos dois primeiros formantes foi comparada pelo teste *t* pareado. O nível de probabilidade significativa (p) foi menor que 0,05 ( $p < 0,05$ ) para todas as análises pelo programa *SPSS/PC\_ Statistical Product and Service Solutions Inc. Chicago, IL for Windows*, versão 17 (2006).

Para a análise do efeito da idade sobre os formantes no grupo com DIGH comparado ao grupo controle, foram estratificados dois subgrupos, por gênero e faixa etária, acima de 50 anos, considerando o período de máxima eficiência vocal de 25 a 45 anos (BEHLAU, 2001) e a estratificação do estudo sobre o efeito da idade na  $f_0$  em indivíduos com DIGH, quando não se observou as variações da  $f_0$  nas faixas etárias de 20-30 anos e 30-40 anos (VALENÇA, et al. 2012),

## 5 RESULTADOS

A tabela 4 apresenta os valores de  $F_1$   $F_2$   $F_3$   $F_4$  (Hz), das sete vogais orais do português brasileiro [a, ó, é, ô, ê, u, i], em 33 indivíduos DIGH com média de idade de 44,48 (17,60) anos, e 29 controles com 51,10 (17,65) anos, de ambos os gêneros. O grupo DIGH apresenta estatura reduzida, 123,62(08,06) cm, em comparação ao grupo controle, 160,07(09,17) cm,  $p < 0,0001$  e valores dos formantes maiores em:  $F_1[i, ê, é]$   $p = 0,032$ ;  $p = 0,045$ ;  $p = 0,040$ , respectivamente;  $F_3[i]$   $p = 0,019$ ;  $F_4[ó]$   $p = 0,014$ .

Tabela 4: Formantes  $F_1$   $F_2$   $F_3$ ,  $F_4$  de sete vogais orais do português brasileiro em 62 indivíduos de ambos os gêneros. Valores expressos em média (desvio padrão), em mediana (distância interquartilica).

Formante Hertz	Vogal	DIGH (n=33)	Controle (n=29)	Valor-p
<b>F<sub>1</sub></b>	F <sub>1</sub> [a]	885,72(155,40)	819,04(154,57)	0,096
	F <sub>1</sub> [ó]	667,36(98,75)	659,69(123,3)	0,787
	F <sub>1</sub> [é]	664,00(93,33) ↑	612,25 (100,59)	0,040
	F <sub>1</sub> [ô]	483,45(76,85)	500,25(121,35)	0,525
	F <sub>1</sub> [ê]	499,06(114,17) ↑	447,45(78,72)	0,045
	F <sub>1</sub> [u]	474,46(116,84)	438,94(106,56)	0,214
	F <sub>1</sub> [i]	448,65(143,64) ↑	379,41(97,21)	0,032
<b>F<sub>2</sub></b>	F <sub>2</sub> [a]	1568,35(204,58)	1516,70(340,32)	0,480
	F <sub>2</sub> [ó]	1272,97(277,50)	1309,37(397,62)	0,682
	F <sub>2</sub> [é]	1884,19(495,17)	1983,27(314,45)	0,345
	F <sub>2</sub> [ô]	1010,67(426,78)	1205,03(666,71)	0,636
	F <sub>2</sub> [ê]	1985,97(595,65)	2088,92(509,51)	0,471
	F <sub>2</sub> [u]	1129,29(314,95)	1338,41(553,09)	0,079
	F <sub>2</sub> [i]	2126,31(613,44)	2260,90(408,73)	0,309
<b>F<sub>3</sub></b>	F <sub>3</sub> [a]	2900,45(552,87)	2809,35(349,21)	0,436
	F <sub>3</sub> [ó]	2978,67(577,12)	2764,96(376,96)	0,060
	F <sub>3</sub> [é]	2941,16(359,59)	2809,03(311,72)	0,130
	F <sub>3</sub> [ô]	2777,44(419,09)	2726,19(295,35)	0,578
	F <sub>3</sub> [ê]	3001,52(337,02)	2881,60(267,14)	0,129
	F <sub>3</sub> [u]	2813,19 (438,05)	2855,54(386,27)	0,690
	F <sub>3</sub> [i]	3216,55 (327,59) ↑	3026,91(291,47)	0,020
<b>F<sub>4</sub></b>	F <sub>4</sub> [a]	3913,21(428,39)	3826,25(398,86)	0,413
	F <sub>4</sub> [ó]	3935,02(463,71) ↑	3663,10(396,68)	0,014
	F <sub>4</sub> [é]	3881,88(369,91)	3972,27(308,55)	0,304
	F <sub>4</sub> [ô]	3829,63 (405,68)	3667,96(230,52)	0,056
	F <sub>4</sub> [ê]	3958,79(476,54)	3890,31(429,40)	0,557
	F <sub>4</sub> [u]	3912,21(407,54)	3862,73(351,38)	0,613
	F <sub>4</sub> [i]	4092,83(379,60)	3913,18 (392,45)	0,072

Formante (F) número(n) vogal entre colchetes [ ], exemplo:  $F_n[i] \rightarrow F_2[i]$  = segundo formante da vogal [i].

Teste T de *Student* salvo em  $F_2[ô]$ ,  $F_3[ó]$  e  $F_4[ó]$  onde foi usado o teste de *Mann-Whitney*.

↑ Valor maior ( $p < 0,05$ ) em comparação ao grupo controle.

Na figura 8 foram representados os valores dos dois primeiros formantes, F1 e F2 das sete vogais orais do português brasileiro em 62 indivíduos de ambos os gêneros. Demonstrando a variabilidade de F<sub>1</sub> e F<sub>2</sub> em função da posição da vogal.

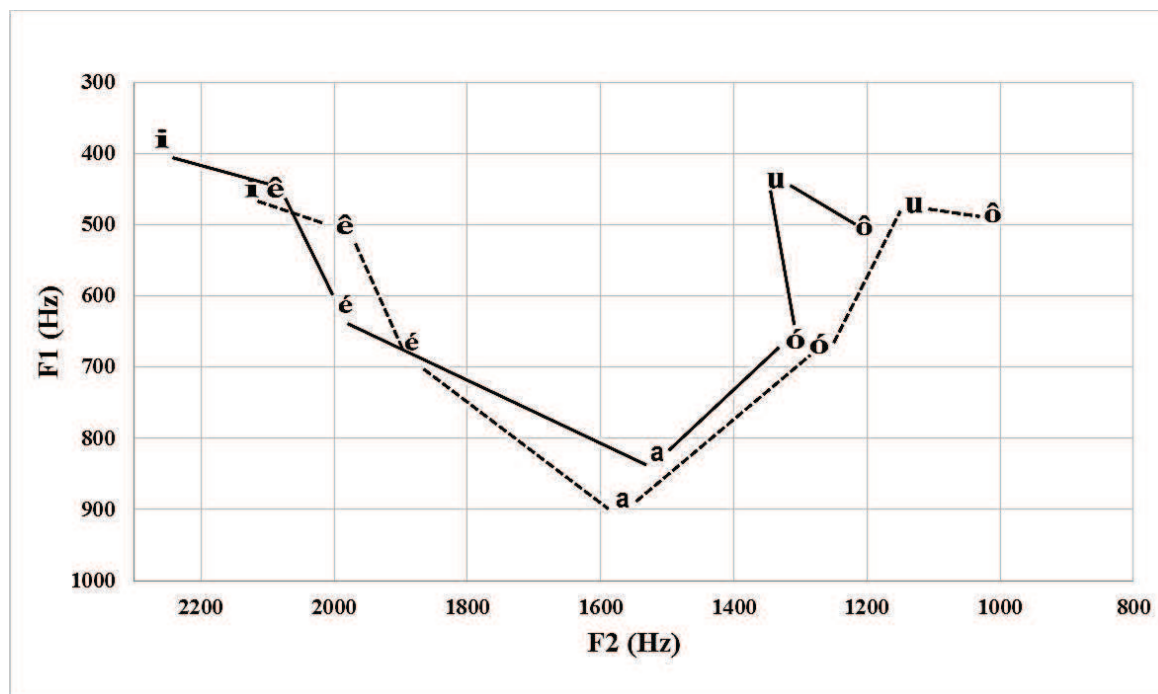


Figura 8: F<sub>1</sub> e F<sub>2</sub> das sete vogais orais do português brasileiro em 62 indivíduos de ambos os gêneros. Valores expressos em média (desvio padrão) e em mediana (distância interquartílica).  
LEGENDA: Tracejado –33 indivíduos com DIGH. Linha contínua: 29 controles.

N tabela 5 são apresentados valores dos formantes F<sub>1</sub>, F<sub>2</sub>, F<sub>3</sub> e F<sub>4</sub> (Hz) em 17 homens DIGH com 41,82 (18,63) anos; 14 controles com 53,57 (21,53)anos, p=0,114. Homens DIGH têm estatura reduzida, 129,38(5,24)cm, comparados a controles, com 165,29(9,05)cm, p<0,0001 e valores maiores de F<sub>3</sub>[i, ê, é] p= 0,006; p= 0,022 e p= 0,006, respectivamente, F<sub>4</sub>[i] p=0,001 (figura 9).

Tabela 5: Formantes F<sub>1</sub> F<sub>2</sub> F<sub>3</sub> F<sub>4</sub> das sete vogais orais do português brasileiro em 17 homens com DIGH; 14 controles. Valores expressos em média (desvio padrão), em mediana (distância interquartilica).

Formante Hertz	Vogal	DIGH Homens (n=17)	Controles Homens (n=14)	Valor- p
<b>F<sub>1</sub></b>	F <sub>1</sub> [a]	806,02(093,44)	739,26(128,83)	0,106
	F <sub>1</sub> [ó]	621,47(080,89)	639,44(117,47)	0,619
	F <sub>1</sub> [é]	616,34(068,90)	565,88(084,70)	0,077
	F <sub>1</sub> [ô]	466,81(070,76)	510,72(133,82)	0,251
	F <sub>1</sub> [ê]	429,64(148,63)	464,76(121,00)	0,500
	F <sub>1</sub> [u]	442,45(083,72)	469,22(206,92)	0,874
	F <sub>1</sub> [i]	392,09(109,31)	346,18(188,14)	0,341
<b>F<sub>2</sub></b>	F <sub>2</sub> [a]	1532,81(160,64)	1474,88(469,57)	0,655
	F <sub>2</sub> [ó]	1284,49(341,44)	1498,72(495,45)	0,166
	F <sub>2</sub> [é]	1894,20 (383,49)	1802,70(219,95)	0,436
	F <sub>2</sub> [ô]	1008,99 (446,64)	1404,32(607,72)	0,321
	F <sub>2</sub> [ê]	1992,77(416,79)	1812,72(281,66)	0,179
	F <sub>2</sub> [u]	1170,99(347,27) ↓	1514,67(511,33)	0,034
	F <sub>2</sub> [i]	2292,95(552,66)	1978,57(300,19)	0,055
<b>F<sub>3</sub></b>	F <sub>3</sub> [a]	3016,53 (301,53)	2766,89 (417,38)	0,063
	F <sub>3</sub> [ó]	2895,98 (261,79)	2659,51 (404,06)	0,059
	F <sub>3</sub> [é]	2956,09(374,31) ↑	2608,44(245,45)	0,006
	F <sub>3</sub> [ô]	2802,05(357,35)	2697,44(246,7)	0,361
	F <sub>3</sub> [ê]	2926,58 (293,94) ↑	2697,44 (215,31)	0,022
	F <sub>3</sub> [u]	2759,64 (304,28)	2833,34 (472,71)	0,604
	F <sub>3</sub> [i]	3226,72 (291,16) ↑	2946,04 (224,47)	0,006
<b>F<sub>4</sub></b>	F <sub>4</sub> [a]	3928,07 (459,83)	3805,60 (420,33)	0,449
	F <sub>4</sub> [ó]	3914,90 (379,06)	3742,11 (508,63)	0,288
	F <sub>4</sub> [é]	3954,29 (394,64)	3745,97 (140,40)	0,056
	F <sub>4</sub> [ô]	3749,03(979,45)	3586,61 (216,13)	0,165
	F <sub>4</sub> [ê]	3891,30(391,29)	3716,54(243,38)	0,157
	F <sub>4</sub> [u]	3820,02(363,08)	3882,72(410,65)	0,655
	F <sub>4</sub> [i]	4052,78(286,06) ↑	3737,85 (227,29)	0,001

Formante (F) número(n) vogal entre colchetes [ ], exemplo: F<sub>n</sub> [i] → F<sub>2</sub>[i] = segundo formante da vogal [i].

Teste T de *Student* salvo em F<sub>1</sub>[ê, u, i], F<sub>2</sub>[ô] e F<sub>4</sub>[ô, i], teste de *Mann-Whitney*.

↑ Valor maior ↓ valor menor p< 0,05) em comparação ao grupo controle.

Na tabela 6 são apresentados valores dos formantes F<sub>1</sub> F<sub>2</sub> F<sub>3</sub> F<sub>4</sub> (Hz) em 16 mulheres DIGH com 47,31(16,56) anos; 15 controles, 48,80(13,70) anos, p=0,788. Mulheres DIGH têm estatura reduzida, 117,5(5,62)cm, comparada a controles com 155, 20(6,28) cm, p< 0,0001 e apresentam valores maiores de F<sub>1</sub> [i, ê] p= 0,029; p= 0,036; F<sub>2</sub>[ó] p= 0,006; F<sub>4</sub>[ó] p= 0,031 (figura 10).

Tabela 6: Formantes F<sub>1</sub> F<sub>2</sub> F<sub>3</sub> F<sub>4</sub> das sete vogais orais do português brasileiro em 16 mulheres com DIGH; 15 controles. Valores expressos em média (desvio padrão) e em mediana (distância interquartilica).

Formante Hertz	Vogal	DIGH	Controles	Valor- p
		Mulheres (n=16)	Mulheres (n=15)	
<b>F<sub>1</sub></b>	F <sub>1</sub> [a]	986,89(0166,23)	867,76(216,63)	0,063
	F <sub>1</sub> [ó]	716,12(094,33)	678,59(129,68)	0,362
	F <sub>1</sub> [ê]	714,63(090,62)	655,40(907,03)	0,090
	F <sub>1</sub> [ô]	501,12(081,31)	490,48(112,30)	0,764
	F <sub>1</sub> [ê]	485,94(109,91) ↑	449,02(080,42)	0,036
	F <sub>1</sub> [u]	477,82(093,94)	422,63(069,83)	0,075
	F <sub>1</sub> [i]	453,96(092,73) ↑	379,87(086,62)	0,029
<b>F<sub>2</sub></b>	F <sub>2</sub> [a]	1606,11(242,51)	1555,74(153,34)	0,498
	F <sub>2</sub> [ó]	1260,32(151,85) ↑	1155,48(143,69)	0,006
	F <sub>2</sub> [ê]	1964,45(707,72)	2220,14(173,17)	0,114
	F <sub>2</sub> [ô]	1092,62(214,80)	1152,53(413,31)	0,621
	F <sub>2</sub> [ê]	2253,85(1528,99)	2446,98(299,89)	0,406
	F <sub>2</sub> [u]	1084,97(280,91)	1174,05(555,91)	0,583
	F <sub>2</sub> [i]	1949,25(641,94) ↓	2524,42(310,37)	0,004
<b>F<sub>3</sub></b>	F <sub>3</sub> [a]	2777,12 (723,61)	2849,99 (280,43)	0,716
	F <sub>3</sub> [ó]	3073,04 (781,56)	2906,95(234,51)	0,105
	F <sub>3</sub> [ê]	2862,42 (467,66)	3079,40(213,36)	0,429
	F <sub>3</sub> [ô]	2751,30(486,90)	2753,03(346,64)	0,991
	F <sub>3</sub> [ê]	3081,15(370,17)	3053,49(184,68)	0,793
	F <sub>3</sub> [u]	2870,09(551,26)	2876,26(299,03)	0,970
	F <sub>3</sub> [i]	3205,75(371,85)	3102,39(332,38)	0,422
<b>F<sub>4</sub></b>	F <sub>4</sub> [a]	3897,43(406,76)	3845,53(391,52)	0,720
	F <sub>4</sub> [ó]	3924,36(363,61) ↑	3679,61(214,99)	0,031
	F <sub>4</sub> [ê]	3804,94(336,95) ↓	4183,49(270,36)	0,002
	F <sub>4</sub> [ô]	3835,23(364,55)	3693,09(242,82)	0,210
	F <sub>4</sub> [ê]	4030,50(557,22)	4052,51(505,35)	0,909
	F <sub>4</sub> [u]	4010,16(440,28)	3844,07(299,30)	0,232
	F <sub>4</sub> [i]	4105,37(432,18)	4066,09(460,61)	0,808

Formante (F) número(n) vogal entre colchetes [ ], exemplo: F<sub>n</sub> [i] → F<sub>2</sub>[i] = segundo formante da vogal [i].

Teste T de *Student* salvo em F<sub>1</sub>[a, ê], F<sub>2</sub>[ó, é, ê], F<sub>3</sub>[ó, é], teste de *Mann-Whitney*.

↑ Valor maior ↓ valor menor (p < 0,05) em comparação ao grupo controle.

As figuras 9 e 10 representam, respectivamente, F<sub>1</sub> das vogais anteriores [i, ê] no gênero feminino e F<sub>3</sub> das vogais anteriores [i, ê, é] no gênero masculino.

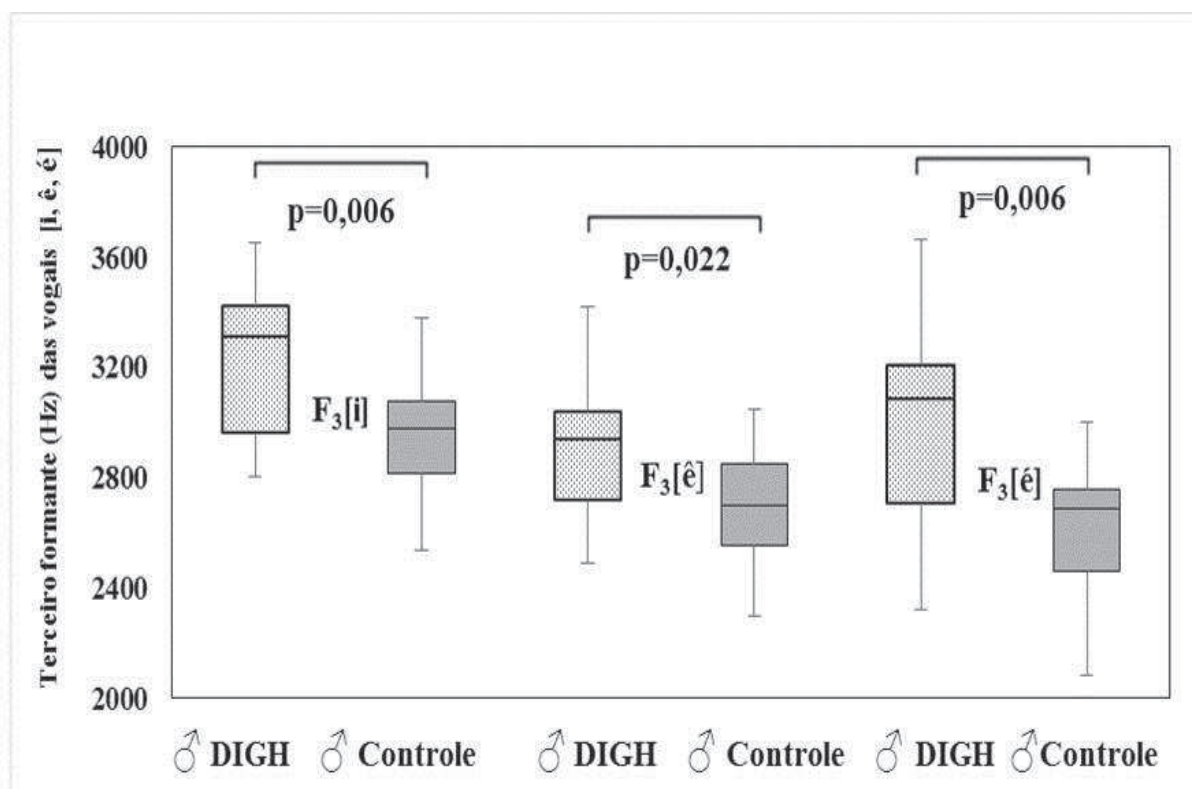


Figura 9: Terceiro formante das vogais [i, ê, é] em 17 homens com DIGH e 14 controles.

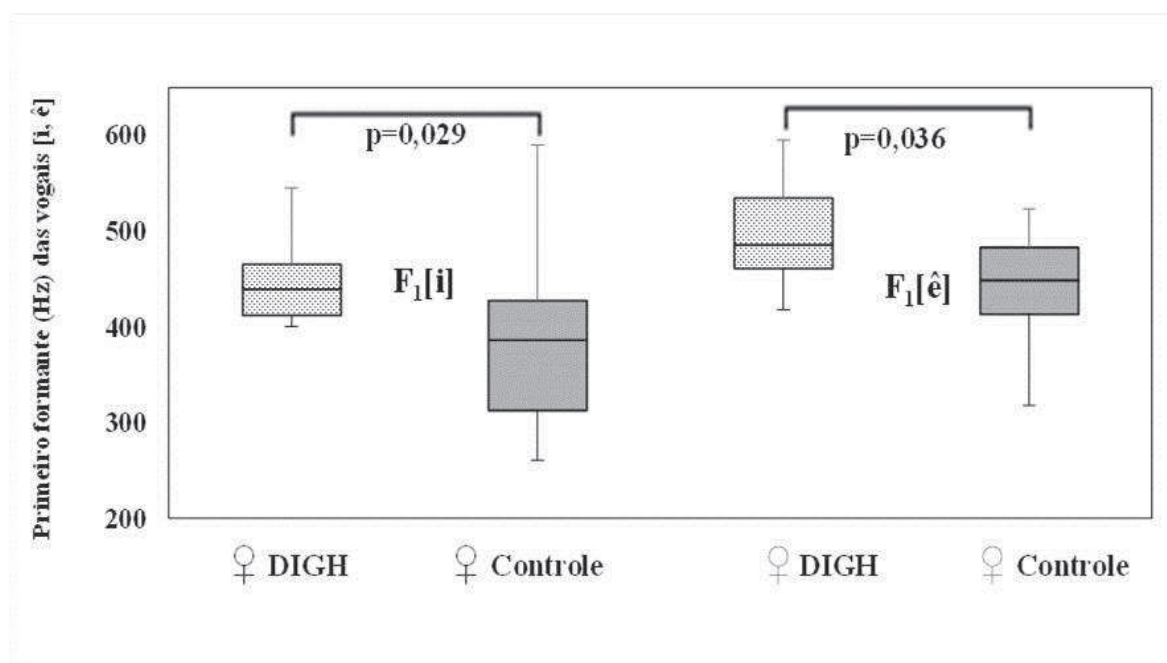


Figura 10: Primeiro formante das vogais [i, ê] em 16 mulheres com DIGH e 15 controles.



Nas figuras 11 e 12 estão representados, respectivamente para homens e mulheres,  $F_1$  e  $F_2$  em função da posição das sete vogais orais do português brasileiro na DIGH e controles.

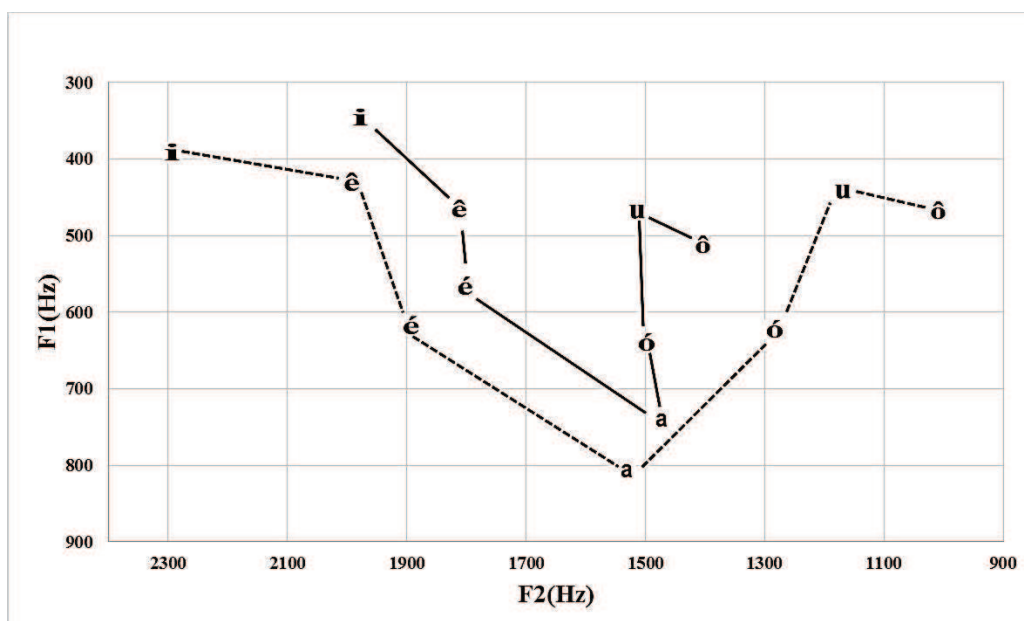


Figura 11:  $F_1$  e  $F_2$  das sete vogais orais do português brasileiro em 31 homens. Valores expressos em média (desvio padrão) e em mediana (distância interquartilica). LEGENDA: Tracejado –17 com DIGH. Linha contínua: 14 controles.

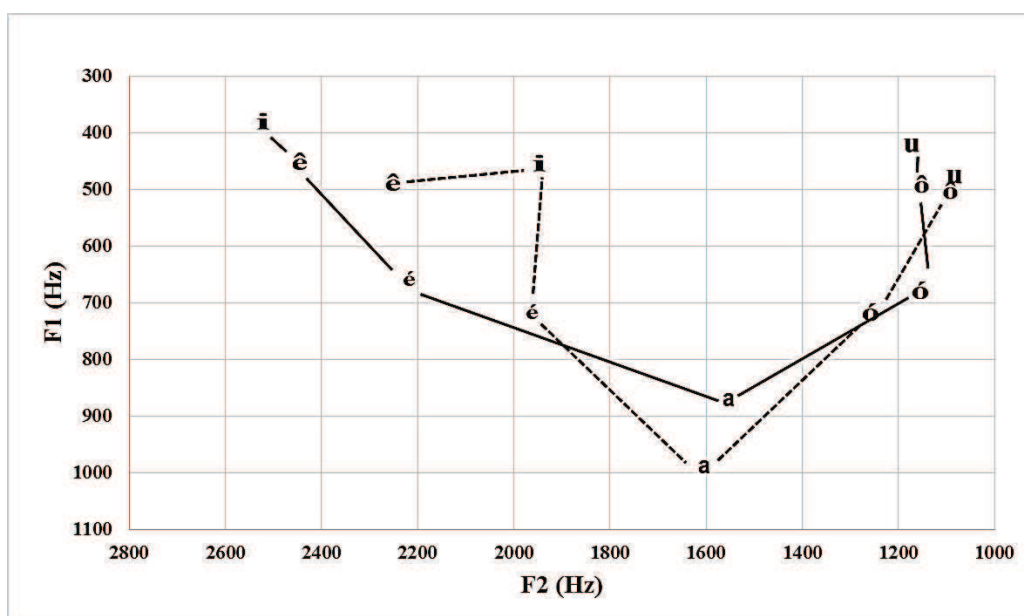


Figura 12:  $F_1$  e  $F_2$  das sete vogais orais do português brasileiro em 31 mulheres. Valores expressos em média (desvio padrão) e em mediana (distância interquartilica). LEGENDA: Tracejado –16 com DIGH. Linha contínua: 15 controles.



A figura 13 apresenta a estrutura dos quatro formantes das vogais [i, u, ó] em homens e em mulheres com DIGH, comparados a controles.

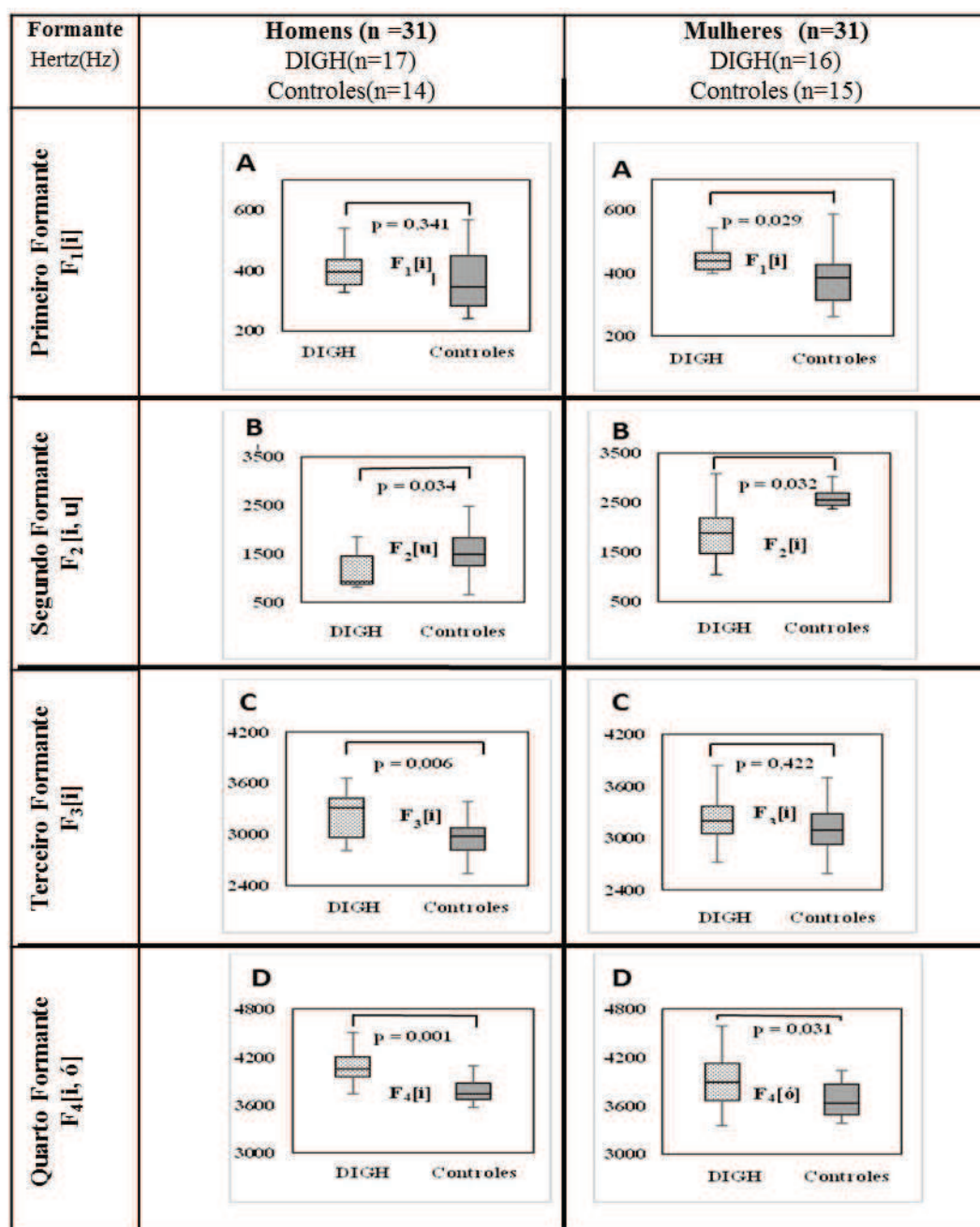


Figura 13: Estrutura de Formantes de 33 indivíduos com DIGH, comparados a 29 controles. A.  $F_1[i]$ . B.  $F_2[i, u]$ . C.  $F_3[i]$ . D.  $F_4[i, ó]$ . Valores expressos em Média (desvio padrão) e mediana (distância interquartilica). Teste *T de Student* exceto em  $F_4[ó]$ ;  $F_1$  e  $F_4[i]$ , onde foi utilizado teste de *Mann-Whitney*.  $p < 0,05$ .

A tabela 7 traz a comparação de valores de formantes por gênero em cada grupo. Na DIGH, homens e mulheres têm valores de formantes similares em F<sub>2</sub> F<sub>3</sub> F<sub>4</sub>, exceto os valores menores em homens DIGH em F<sub>1</sub>[a, é, ó] p<0, 0001; p=0, 001; p=0,004; nos controles evidenciam-se diferenças de gênero, com valores menores para os homens em F<sub>1</sub>[a, é]; F<sub>2</sub>[i, ê, é]; F<sub>3</sub>[ê, é]; F<sub>4</sub> [i, ê, é], e não se observa a diferenciação de gênero em F<sub>1</sub>[ó] presente na DIGH (Figura 14 A B).

Tabela 7: Formantes F1 F2 F3 F4 de sete vogais orais do português brasileiro, comparadas por gênero em 33 indivíduos com DIGH e 29 controles. Valores expressos em média (desvio padrão) e em mediana (distância interquartilica).

Formante	DIGH (n=33)			Controles (n=29)		
	Hertz	Homens (n=17)	Mulheres (n=16)	Valor- <i>p</i>	Homens (n=14)	Mulheres (n=15)
F <sub>1</sub> [a]	819,51(128,77)↓	986,89(166,23)	<0,0001	739,26(128,83)↓	893,49(141,67)	0,005
F <sub>1</sub> [ó]	621,47(080,89)↓	716,12(094,33)	0,004	639,44(117,47)	678,59(129,68)	0,403
F <sub>1</sub> [é]	616,34(068,90)↓	714,63(090,62)	0,001	565,88(084,70)↓	655,84(097,03)	0,014
F <sub>1</sub> [ô]	466,81(070,76)	501,12(081,31)	0,205	510,72(133,82)	490,48(112,30)	0,662
F <sub>1</sub> [ê]	429,64(148,63)	485,94(109,91)	0,084	464,76 (121,00)	449,02(080,42)	0,930
F <sub>1</sub> [u]	442,45(083,72)	451,86(121,03)	0,614	456,42(136,28)	422,63(069,83)	0,416
F <sub>1</sub> [i]	392,09(109,31)	439,86(059,24)	0,084	378,91(110,78)	379,87(086,62)	0,979
F <sub>2</sub> [a]	1532,81(160,64)	1606,11(242,51)	0,311	1474,88(469,57)	1555,74(153,34)	0,548
F <sub>2</sub> [ó]	1187,47(402,45)	1260,32(151,85)	0,235	1498,72(495,45)↑	1132,64(137,62)	0,018
F <sub>2</sub> [é]	1894,20(383,49)	1873,56(604,95)	0,907	1838,97(288,18)↓	2220,14(173,10)	0,001
F <sub>2</sub> [ô]	1008,99(446,64)	1015,72(285,77)	0,428	1358,95(386,37)	1152,53(413,31)	0,177
F <sub>2</sub> [ê]	1992,77(416,79)	1978,75(755,98)	0,948	1761,80(534,08)↓	2446,98(299,80)	<0,0001
F <sub>2</sub> [u]	1170,99(347,27)	1084,97(280,91)	0,442	1514,67(511,33)	1174,05(555,91)	0,098
F <sub>2</sub> [i]	2292,95(052,66)	1949,25(641,94)	0,109	1978,57(300,19)↓	2524,42(310,37)	<0,0001
F <sub>3</sub> [a]	3016,53(301,53)	2777,12(723,61)	0,234	2766,89(417,38)	2848,99(280,43)	0,537
F <sub>3</sub> [ó]	2895,98(261,79)	2919,19(626,19)	0,892	2683,29(582,39)	2906,95(234,51)	0,127
F <sub>3</sub> [é]	2956,09(374,31)	2925,30(354,80)	0,810	2688,89(321,25)↓	3079,40(213,36)	<0,0001
F <sub>3</sub> [ô]	2802,05(357,35)	2751,30(486,90)	0,734	2697,44(246,17)	2753,03(346,64)	0,625
F <sub>3</sub> [ê]	2926,58(293,94)	3081,15(370,17)	0,192	2697,44(215,31)↓	3053,49(184,68)	<0,0001
F <sub>3</sub> [u]	2759,64(304,28)	2870,09(551,26)	0,478	2833,34(472,71)	2876,26(299,93)	0,771
F <sub>3</sub> [i]	3226,72(291,16)	3205,75(371,85)	0,858	2946,04(224,47)	3102,39(332,38)	0,152
F <sub>4</sub> [a]	3928,07(459,83)	3897,43(406,76)	0,841	3805,60(420,33)	3845,53(391,52)	0,793
F <sub>4</sub> [ó]	3914,90(379,06)	3924,36(363,61)	0,942	3742,11(508,63)	3679,61(214,99)	0,666
F <sub>4</sub> [é]	3954,29(394,64)	3804,94(336,95)	0,253	3745,97(140,40)↓	4183,49(270,36)	<0,0001
F <sub>4</sub> [ô]	3824,36(452,21)	3835,23(364,55)	0,940	3586,61(216,13)	3642,22(269,59)	0,458
F <sub>4</sub> [ê]	3891,30(391,29)	4030,50(557,22)	0,410	3716,54(243,38)↓	4052,51(505,35)	0,033
F <sub>4</sub> [u]	3820,02(363,08)	4010,16(440,28)	0,185	3882,72(410,65)	3844,07(299,30)	0,773
F <sub>4</sub> [i]	4052,78(286,06)	4012,31(738,14)	0,829	3737,85(227,29)↓	4132,88(368,03)	0,008

Formante (F) número(n) vogal entre colchetes [], exemplo: F<sub>n</sub> [i]→ F<sub>2</sub>[i] = segundo formante da vogal [i].

Teste T de *Student* salvo: DIGH F<sub>1</sub>[a, ê, u, i], F<sub>2</sub>[ô, ô], F<sub>4</sub>[i], controles F<sub>1</sub>[ê], F<sub>2</sub>[ê, ê] F<sub>3</sub>[ô, é], F<sub>4</sub>[ô, i], teste de *Mann-Whitney*.

↑ Valor maior ↓ valor menor (p< 0,05): comparação entre gênero no mesmo grupo.

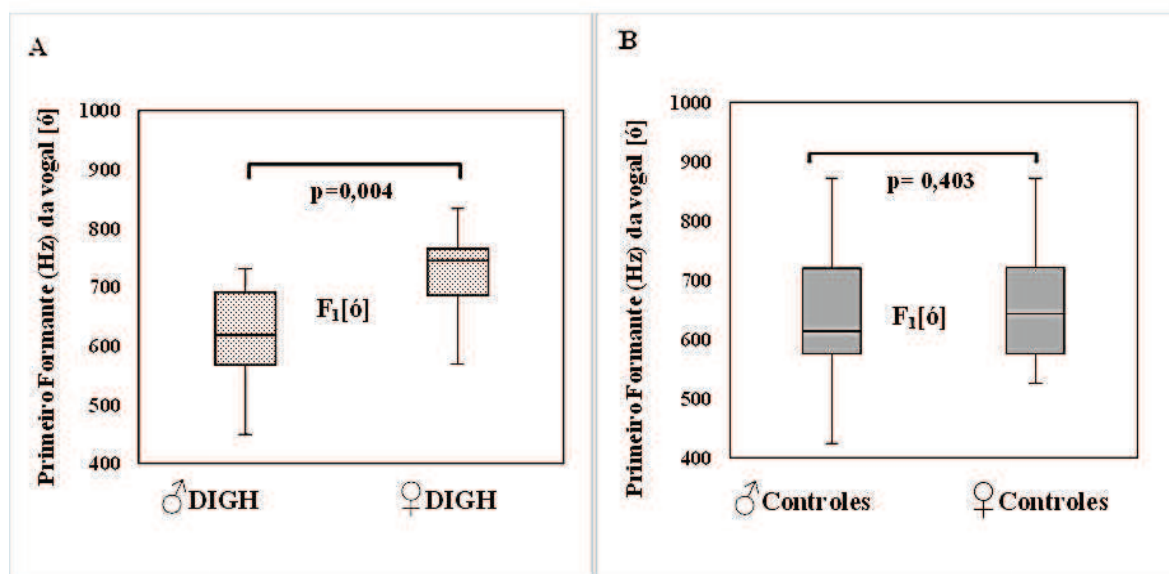


Figura 14: Efeito do gênero no primeiro formante da vogal [ô].

A. 17 homens e 16 Mulheres com DIGH

B. 14 homens e 15 mulheres controles.

A tabela 8 apresenta valores de  $F_1$   $F_2$   $F_3$   $F_4$  (Hz) de um subgrupo de 13 homens acima de 50 anos de idade, comparando a oito controles, cinco homens com DIGH apresentam valores menores de  $F_1[i, ô]$   $p=0,042$ ;  $p=0,040$ , e valores maiores em  $F_2[ê]$   $p=0,005$ ;  $F_4[i, ê]$   $p=0,008$ ;  $p=0,010$ , respectivamente (figura 15A).

Tabela 8: Formantes F<sub>1</sub> F<sub>2</sub> F<sub>3</sub> F<sub>4</sub>, (Hz) das sete vogais orais do português brasileiro em cinco homens DIGH e oito controles na faixa etária acima de 50anos. Valores expressos em média (desvio padrão) e em mediana (distância interquartilica).

Formante Hertz	Vogal	DIGH >50 anos Homens (n=5)	Controles > 50 anos Homens (n=8)	Valor- p
<b>F<sub>1</sub></b>	F <sub>1</sub> [a]	767,73 (222,57)	780,90(195,92)	0,558
	F <sub>1</sub> [ó]	571,78(174,63)	709,59(164,66)	0,188
	F <sub>1</sub> [é]	584,84(125,60)	615,58(129,92)	0,770
	F <sub>1</sub> [ô]	432,89(128,53) ↓	505,35(172,53)	0,040
	F <sub>1</sub> [ê]	385,66(121,94)	506,64(046,72)	0,107
	F <sub>1</sub> [u]	413,53(304,08)	489,06(237,49)	0,661
	F <sub>1</sub> [i]	346,80(034,69) ↓	447,82(093,18)	0,042
<b>F<sub>2</sub></b>	F <sub>2</sub> [a]	1547,83(442,91)	1339,59(752,60)	0,464
	F <sub>2</sub> [ó]	1202,11(714,18)	1537,54(557,57)	0,306
	F <sub>2</sub> [é]	2079,80 (575,01)	1783,46(325,76)	0,107
	F <sub>2</sub> [ô]	1008,99(763,64)	1457,08(481,87)	0,380
	F <sub>2</sub> [ê]	2375,85(439,17) ↑	1714,91(250,88)	0,005
	F <sub>2</sub> [u]	927,58(890,01)	1476,43(905,07)	0,770
	F <sub>2</sub> [i]	2251,42 (756,76)	1829,65(290,47)	0,289
<b>F<sub>3</sub></b>	F <sub>3</sub> [a]	2895,02(116,33)	2759,31(379,84)	0,371
	F <sub>3</sub> [ó]	3015,48(288,91)	2632,52(418,05)	0,102
	F <sub>3</sub> [é]	3169,81(464,13)	2722,49(230,09)	0,057
	F <sub>3</sub> [ô]	2743,42(414,30)	2638,18(309,60)	0,610
	F <sub>3</sub> [ê]	3098,56(407,84)	2740,15(191,11)	0,053
	F <sub>3</sub> [u]	2784,77(373,14)	2725,62(459,20)	0,814
	F <sub>3</sub> [i]	3198,07(289,36)	2974,56(127,84)	0,164
<b>F<sub>4</sub></b>	F <sub>4</sub> [a]	3603,99(1085,08)	3861,49(621,99)	0,464
	F <sub>4</sub> [ó]	3712,26(494,83)	3830,98(537,50)	0,698
	F <sub>4</sub> [é]	4133,49(361,52)	3764,73(129,63)	0,084
	F <sub>4</sub> [ô]	3534,34(616,20)	3552,88(276,47)	0,770
	F <sub>4</sub> [ê]	4315,88(324,54) ↑	3807,28(266,92)	0,010
	F <sub>4</sub> [u]	3738,83(718,31)	3677,57(389,12)	0,702
	F <sub>4</sub> [i]	4124,10(572,18) ↑	3799,64(228,18)	0,008

Formante (F) número(n) vogal entre colchetes [], exemplo: F<sub>n</sub> [i]→ F<sub>2</sub>[i]= segundo formante da vogal [i].

Teste T de *Student*, salvo em F<sub>1</sub>[a, ó, é, ê, ô u]; F<sub>2</sub>[a, ó, é, ô, u]; F<sub>3</sub>[é]; F<sub>4</sub>[a, ô, u, i], teste de *Mann-Whitney*.

↑ Valor maior ↓ valor menor (p< 0,05) em comparação ao grupo controle.

A tabela 9 apresenta valores de F<sub>1</sub> F<sub>2</sub> F<sub>3</sub> F<sub>4</sub> (Hz) de um subgrupo de 20 mulheres acima de 50 anos de idade, não foi observada diferença entre os grupos, exceto o maior valor de F<sub>1</sub>[é] p=0,018 e o menor valor de F<sub>2</sub>[i] p=0,007 na DIGH (figura 15B).

Tabela 9: Formantes F<sub>1</sub> F<sub>2</sub> F<sub>3</sub> F<sub>4</sub>, (Hz) das sete vogais orais do português brasileiro em nove mulheres com DIGH e 11 controles na faixa etária acima de 50 anos. Valores expressos em média (desvio padrão) e em mediana (distância interquartilica).

Formante Hertz	Vogal	DIGH> 50 anos Mulheres (n=9)	Controles> 50 anos Mulheres (n=11)	Valor- <i>p</i>
<b>F<sub>1</sub></b>	F <sub>1</sub> [a]	930,28(187,08)	849,35(082,06)	0,102
	F <sub>1</sub> [ó]	711,90(107,73)	653,76(097,25)	0,221
	F <sub>1</sub> [é]	720,33(096,06) ↑	623,72(070,39)	0,018
	F <sub>1</sub> [ô]	509,70(098,15)	474,83(102,06)	0,449
	F <sub>1</sub> [ê]	529,14(114,77)	457,48(045,92)	0,108
	F <sub>1</sub> [u]	487,06(115,25)	428,38(074,15)	0,185
	F <sub>1</sub> [i]	462,25(112,52)	388,35(109,47)	0,155
<b>F<sub>2</sub></b>	F <sub>2</sub> [a]	1522,20(223,46)	1534,98(165,51)	0,885
	F <sub>2</sub> [ó]	1227,00(252,24)	1137,39(197,73)	0,384
	F <sub>2</sub> [é]	1800,39(722,71)	2215,05 (280,71)	0,063
	F <sub>2</sub> [ô]	1107,84(237,81)	1102,84(463,84)	0,977
	F <sub>2</sub> [ê]	1628,78(1641,87)	2498,85(258,87)	0,184
	F <sub>2</sub> [u]	1090,26(647,52)	874,70(732,22)	0,305
	F <sub>2</sub> [i]	1549,79 (702,89) ↓	2623,39 (526,39)	0,007
<b>F<sub>3</sub></b>	F <sub>3</sub> [a]	2640,27(715,44)	2888,90(317,29)	0,313
	F <sub>3</sub> [ó]	3240,42(333,48)	2906,95(392,42)	0,053
	F <sub>3</sub> [é]	2846,02(381,37)	3013,93(322,70)	0,138
	F <sub>3</sub> [ô]	2602,06(393,38)	2898,12(267,62)	0,061
	F <sub>3</sub> [ê]	2804,50(731,71)	3275,18(303,87)	0,210
	F <sub>3</sub> [u]	2722,46(655,04)	2815,23(367,11)	0,693
	F <sub>3</sub> [i]	3136,31(421,96)	3307,92(508,57)	0,429
<b>F<sub>4</sub></b>	F <sub>4</sub> [a]	3818,34(722,13)	3825,51(406,59)	0,732
	F <sub>4</sub> [ó]	3949,88(319,48)	3783,74(229,89)	0,193
	F <sub>4</sub> [é]	3797,82(390,38)	4082,79(218,40)	0,054
	F <sub>4</sub> [ô]	3623,60(236,47)	3745,74(311,54)	0,160
	F <sub>4</sub> [ê]	3936,66(498,51)	4256,16(225,29)	0,104
	F <sub>4</sub> [u]	3752,11(423,13)	3869,60(115,42)	0,518
	F <sub>4</sub> [i]	4024,43(859,36)	4239,11(355,24)	0,909

Formante (F) número(n) vogal entre colchetes [], exemplo: F<sub>n</sub>[i]→ F<sub>2</sub>[i]= segundo formante da vogal [i].

Teste T de *Student* salvo em F<sub>1</sub>[a]; F<sub>2</sub>[é, ê, u, i]; F<sub>3</sub>[ó, é, ê]; F<sub>4</sub>[a, ô, u, i] o teste de *Mann-Whitney*.

↑ Valor maior ↓ valor menor (p< 0,05) em comparação ao grupo controle.

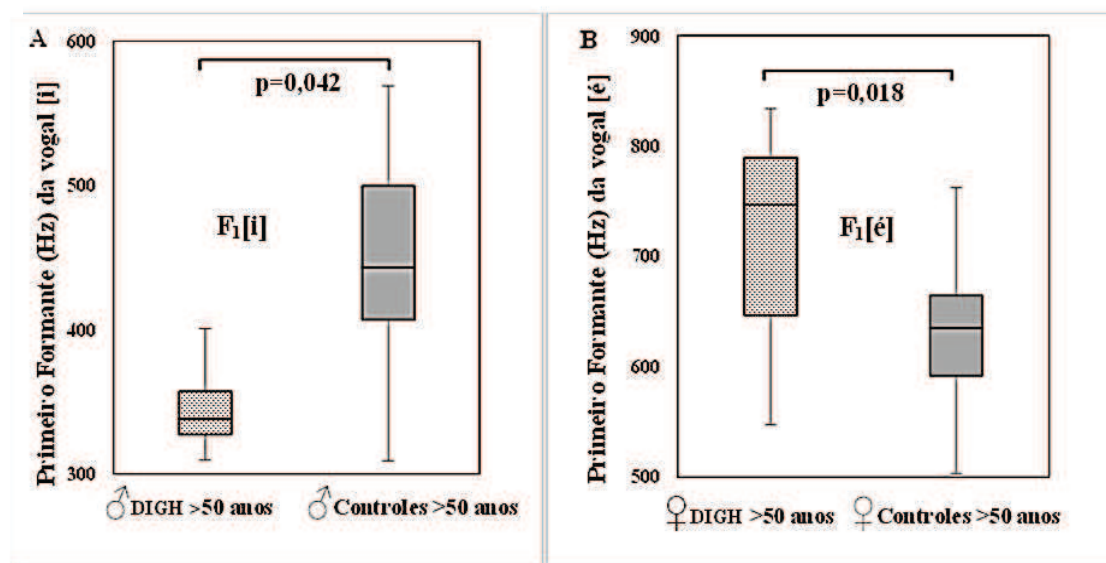


Figura 15: Efeito da idade acima de 50 anos na estrutura de formantes.

A: F<sub>1</sub> [i] em cinco homens DIGH e oito controles.

B: F<sub>1</sub> [é] em nove mulheres DIGH e onze controles, acima de 50 anos.

Nas tabelas 10 e 11 comparam-se valores de F<sub>1</sub> das vogais de acordo com a classificação no plano vertical. Controles e DIGH de ambos os gêneros apresentam valores maiores de F<sub>1</sub> das vogais: baixa [a] e média baixa [é, ó]. A não distinção de F<sub>1</sub> entre as vogais alta [u] e média alta [ô] está representada nos dois grupos DIGH e controles, na figura 16A em homens e na figura 16B em mulheres.

Tabela 10: Primeiro formante (F1) das vogais, de acordo com a classificação no plano vertical, em 17 homens com DIGH e 14 controles, valores expressos em média (desvio padrão).

Posição Vertical	Formante (HZ)	DIGH Homens (n=17)	Valor-p	Controles Homens (n=14)	Valor-p
Alta	F <sub>1</sub> [i-a]	443,66(182,07) - 806,94(093,44) ↑	0,0001	378,91(110,78) - 739,26(128,83) ↑	0,0001
Baixa	F <sub>1</sub> [u-a]	471,99(137,88) - 806,94(093,44) ↑	0,0001	456,42(136,28) - 739,26(128,83) ↑	0,0001
Alta	F <sub>1</sub> [i-ê]	443,66(182,07) - 480,41(134,07)	0,511	378,91(110,78) - 438,30(85,45)	0,077
Média Alta	F <sub>1</sub> [u-ô]	471,99(137,88) - 466,81(70,76)	0,820	456,42(136,28) - 510,72(133,82) ↑	0,035
Média Alta	F <sub>1</sub> [ê-é]	480,41(134,07) - 616,34(68,90) ↑	0,0001	438,30(85,45) - 565,88(84,70) ↑	0,0001
Média Baixa	F <sub>1</sub> [ô-ó]	466,81(70,76) - 621,46(80,89) ↑	0,0001	510,72(133,82) - 639,44(117,47) ↑	0,0001

Teste t pareado. ↑ Valor maior (p < 0,05) comparação do F<sub>1</sub> de vogais no mesmo grupo.

Tabela 11: Primeiro formante (F1) das vogais, de acordo com a classificação no plano vertical: em 16 mulheres DIGH e 15 controles, valores expressos em média (desvio padrão).

Posição Vertical	Formante (Hz)	DIGH Mulheres n=16	Valor -p	Controles Mulheres n=15	Valor -p
Alta-Baixa	F <sub>1</sub> [i-a]	453,96(092,73) - 970,41(165,40) ↑	0,0001	379,87(86,62) - 893,49(141,67) ↑	0,0001
	F <sub>1</sub> [u-a]	477,82(093,94) - 970,41(165,40) ↑	0,0001	422,63(069,83) - 893,49(141,67) ↑	0,0001
Alta MédiaAlta	F <sub>1</sub> [i-ê]	453,96(92,73) - 518,87(88,45) ↑	0,027	379,87(86,62) - 456,00(73,84) ↑	0,004
	F <sub>1</sub> [u-ô]	477,8(93,94) - 501,12(81,31)	0,110	422,63(69,83) - 490,48(112,30) ↑	0,034
Média Alta MédiaBaixa	F <sub>1</sub> [ê-é]	518,87(88,45) - 714,63(90,62) ↑	0,0001	456,00(73,84) - 655,54(97,03) ↑	0,000
	F <sub>1</sub> [ô-ó]	501,12(81,31) - 1260,73(199,04) ↑	0,0001	490,48(112,30) - 1132,64 (137,62) ↑	0,000

Teste t pareado. ↑ Valor maior(p<0,05) comparação do F<sub>1</sub> de vogais no mesmo grupo.

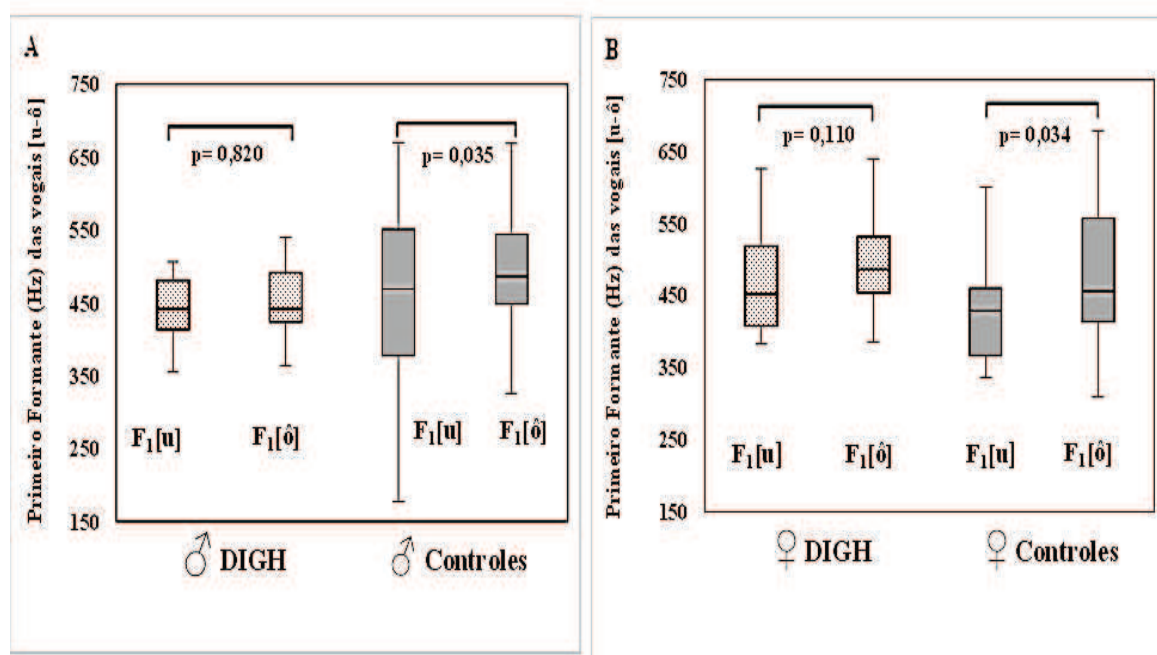


Figura 16: Primeiro formante (F<sub>1</sub>) das vogais alta [u] e média-alta [ô]

A. 17 homens DIGH e 14 controles. B. 16 mulheres DIGH e 15 controles.

A distinção dos valores menores de F<sub>2</sub> em vogais posteriores do que F<sub>2</sub> em vogais anteriores está apresentada separadamente nos dois grupos DIGH e controles, nas tabelas 12 em homens; e na tabela 13 em mulheres. A distinção de F<sub>2</sub> das vogais: anterior [i] e posterior [u], está representada nos dois grupos, na figura 17A em homens e 17B em mulheres.



Tabela 12: Segundo formante ( $F_2$ ) das vogais de acordo com a classificação no plano horizontal em 17 homens com DIGH e 14 controles. Valores expressos em média (desvio padrão).

Posição Horizontal	Formante (Hz)	DIGH Homens (n=17)	Valor - p	Controles Homens (n=14)	Valor - p
Anterior	$F_2[i-u]$	2292,95(552,66) - 1170,99(347,27) ↓	<0,0001	1978,57(300,1)- 1514,67(511,3) ↓	0,001
Posterior	$F_2[ê-ô]$	1992,77(416,79) - 1226,73(370,08) ↓	<0,0001	1812,72(281,66) -1358,95(386,37) ↓	0,008
Anterior	$F_2[é-ó]$	1894,20(383,49) - 1284,49(341,44) ↓	<0,0001	1802,70(219,95) -1498,72(495,45) ↓	0,039
Posterior					

Teste t pareado. ↓ Valor menor ( $p < 0,05$ ) em comparação ao grupo controle.

Tabela 13: Segundo formante ( $F_2$ ) das vogais de acordo com a classificação no plano horizontal: em 16 mulheres com DIGH e 15 controles. Valores expressos em média (desvio padrão).

Posição Horizontal	Formante (Hz)	DIGH Mulheres (n=16)	Valor - p	Controles Mulheres (n=15)	Valor - p
Anterior	$F_2[i-u]$	1949,25(641,94) - 1084,97(280,91) ↓	<0,0001	2524,42(310,37) - 1174,05(555,91) ↓	<0,0001
Posterior	$F_2[ê-ô]$	1978,75(755,98) - 1092,62(214,80) ↓	<0,0001	2346,71(545,92) - 1152,53(413,31) ↓	<0,0001
Anterior	$F_2[é-ó]$	1873,56(604,95) - 1260,73(199,04) ↓	0,001	2151,80(299,66) - 1132,64(137,62) ↓	<0,0001
Posterior					

Teste t pareado. ↓ Valor menor ( $p < 0,05$ ) em comparação ao grupo controle.

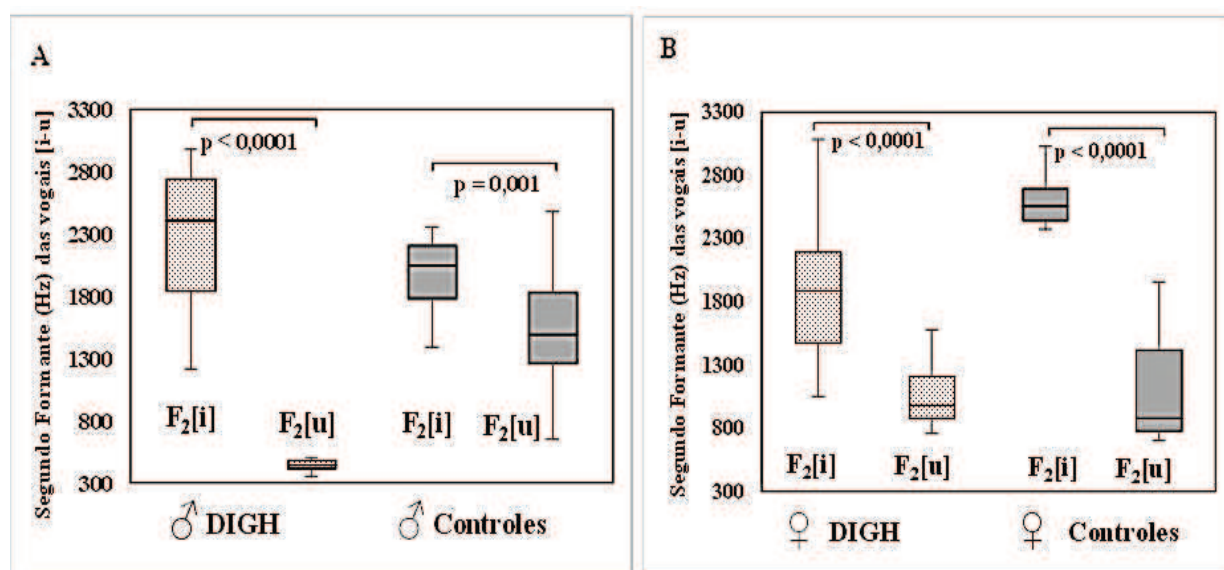


Figura 17: Segundo formante ( $F_2$ ) das vogais: anterior [i] e posterior [u].

A. 17 homens DIGH e 14 controles;

B. 16 mulheres DIGH e 15 controles.



## 6 DISCUSSÃO

Indivíduos com DIGH de ambos os gêneros, apresentam uma estrutura de formantes distinta de controles, devido ao provável ajuste de tubo laríngeo estreitado relacionado ao  $F_4$ [ó] (BEHLAU, 2001), os valores maiores de  $F_1$  [i, ê, é],  $F_3$ [i], sugerem a importância das cavidades anterior, posterior e orofaringe na forma e comprimento do trato vocal, esta relação é estabelecida na segunda infância de 6 a 8 anos (LIEBERMAN et al., 2001; PERRY et al., 2001), cuja estatura é equivalente à dos adultos com DIGH que apresentaram *pitch* agudo (SOUZA et al., 2004).

Valores maiores de  $F_3$  das vogais anteriores [i, ê, é] em homens com DIGH quando comparados aos controles, sugerem cavidades oral e faríngea reduzidas, com provável dimensão do trato vocal semelhante ao de rapazes na adolescência (XUE; CHENG, 2010). O perímetro craniano reduzido na DIGH (OLIVEIRA et al., 2003) corrobora com a relevância da correlação de estruturas posteriores no comprimento do trato vocal (VORPERIAN et al., 1999, 2005) sugerindo não só a descida da laringe no plano vertical como também o tamanho reduzido da orofaringe (BENNETT, 1981; FITCH; GIEDD, 1999).

O valor menor de  $F_2$  da vogal [u] em homens com DIGH sugere a relação do tamanho da cavidade oral no comprimento do trato vocal, o grau de arredondamento dos lábios e o alongamento bucofaríngeo (REHDER, BEHLAU, 2008), visto que a vogal [u] caracteriza-se por amplas cavidades, anterior e posterior, e é considerada a vogal mais grave (PINHO, 2001).

Em casos de indivíduos com as dimensões laríngeas reduzidas, muda vocal incompleta, visando o alcance do padrão vocal masculino, excepcionalmente, pode ser indicada a tireoplastia tipo III, descrita por Ishiki (1980), que do ponto de vista funcional reduz a tensão ântero-posterior, relaxa as pregas vocais e abaixa a  $f_0$  (PINHO et al., 2006). Pacientes com DIGH desta coorte foram submetidos à fonoterapia com resultado favorável na estabilidade do *pitch*.

Em mulheres com DIGH os valores maiores de  $F_1$  das vogais anteriores [i, ê], sugerem pequena cavidade faríngea (TITZE, 2000) associada à voz de *pitch* agudo das mulheres com Síndrome de Laron, um modelo de resistência ao GH, com níveis de GH

elevados, porém com níveis de IGF-I muito reduzidos (LARON; KOPCHICK 2011). Na muda vocal da puberdade, a provável redução de valores de formantes pode acompanhar as características secundárias mais perceptíveis nos homens: descida secundária da laringe (FITCH; GIEDD, 1999); alongamento do pescoço, alargamento do tórax, expansão das cavidades supra glóticas (BEHLAU, 2005).

Em mulheres DIGH, os valores maiores de  $F_1$ [i, ê] sugerem constrição faríngea (LAVER, 2000) e corrobora com os sinais de constrição laríngea e laringe elevada observados na DIGH de Itabaininha (BARRETO et al., 2009), diferentemente dos dados sobre valores reduzidos de  $F_1$  em mulheres disfônicas (MAGRI et al. 2007).

O ajuste de constrição faríngea com fechamento da parte média da orofaringe por contração das paredes de faringe e retração do dorso de língua foi encontrado em falantes do nordeste do Brasil (LIMA et al. 2007). A provável constrição faríngea em mulheres com DIGH é um dos mecanismos identificados em regentes de coral do gênero feminino na diferenciação de  $F_1$  (REHDER; BEHLAU, 2008) e podem refletir efeitos positivos pós-técnica de fonação reversa [i] “ihn” em mulheres sem patologias laríngeas na mobilização das estruturas supra glóticas (ZIMMER et al., 2010).

Valor maior de  $F_2$ [ó] em mulheres com DIGH sugere cavidade oral anterior reduzida (PINHO, 2001), e parece concordar na DIGH com a redução do comprimento da maxila e mandíbula (OLIVEIRA-NETO et al., 2011) e  $f_0$  elevada (VALENÇA et al., 2012). Indivíduos saudáveis apresentam uma correlação negativa entre  $f_0$  e o comprimento mandibular e maxilar em ambos os gêneros (MACARI et al., 2013), no entanto, os autores não realizaram a análise dos formantes, impedindo uma comparação com os dados da DIGH aqui apresentados.

NA DIGH, os valores maiores do que em controles de  $F_4$ [ó] nas mulheres,  $F_4$ [i] em homens sugerem o trato vocal encurtado (BORDEN, et al., 2003; KENT; READ, 2002) e o tubo laríngeo estreitado (BEHLAU, 2001) o que parece corroborar com  $f_0$  elevada na DIGH (VALENÇA et al., 2012). Nas mulheres o valor reduzido de  $F_4$ [é] provavelmente reflete o efeito da vogal [é] que sofre menor influência das modificações na forma do trato vocal em comparação às demais vogais orais (GONÇALVES et al., 2009).

O padrão acústico de  $F_2$  foi similar na DIGH e em controles de ambos os gêneros, no entanto, na DIGH os valores menores de  $F_2$  [u] em homens e  $F_2$  [i] em mulheres sugerem o

consenso sobre  $F_2$  reduzido e sua relação com o abaixamento da laringe, concomitante à transformação do tubo laríngeo e faríngeo em uma única cavidade (CORDEIRO, PINHO, 2007).

A estrutura de formantes na DIGH quando estratificada por gênero apresenta valores mais elevados principalmente nas vogais anteriores em mulheres  $F_1$ [i, ê] e em homens  $F_3$ [i, ê, é], apontam para as diferenças de gênero no crescimento não uniforme do trato vocal, que começam a surgir aos quatro anos, são mais nítidas a partir dos oito anos e no estirão de crescimento dos oito aos 14 anos; o que afeta de maneira diferenciada as dimensões craniofaciais e as estruturas laríngeas, influenciando as mudanças da voz (ANDREWS, 2009).

Na DIGH adulta, a diferenciação do gênero é percebida em homens com valores menores de  $F_1$  das vogais baixas [a, é, ó], corresponde à previsão acústica na idade de 12 anos, atribuída à descida da laringe (VORPERIAN et al., 2011). Estes achados na DIGH parecem ter relação com o estágio precursor à conclusão do crescimento maxilar, no sentido anteroposterior, cujo último salto de crescimento ocorre até os 16 anos (ZEMPLIM, 2000). Interessantemente, o comprimento maxilar é a medida cefalométrica mais reduzida nos indivíduos com DIGH (OLIVEIRA-NETO et al., 2011), o que implica na continuidade de novos estudos na DIGH correlacionando análises acústica e cefalométrica.

A diferenciação do gênero na DIGH em  $F_1$ [ó] sugere cavidade oral e volume da faringe maior em homens do que em mulheres (STORY et al., 1998), compatível com estágio de crescimento da região posterior do trato vocal na adolescência (FITCH; GIEDD 1999), pode refletir no crescimento não uniforme do trato vocal masculino quanto à largura da orofaringe, margem posterior da cavidade oral (LIEBERMAN et al., 2001).

No grupo controle, foram observados valores menores de  $F_1$ [a, é],  $F_2F_3F_4$  [i, ê, e], em homens comparados a mulheres, o que corrobora com a redução gradual dos formantes  $F_1$   $F_2$   $F_3$  para a diferenciação do gênero (VORPERAN; KENT, 2007), em adultos falantes do português brasileiro (ESCUDEIRO et al., 2009).

A DIGH abole o efeito da idade na  $f_0$  de ambos os gêneros (VALENÇA et al., 2012). Acima de 50 anos, homens DIGH apresentam valores menores do que controle em  $F_1$ [i, ô], o que sugere laringe posição baixa (SUNDEBERG, 1971). Mulheres DIGH acima de 50 anos apresentam valores elevados em  $F_1$ [é], contradizendo a previsão de instabilidade do

*pitch* na muda vocal da senescência (SATALOFF et al. 1997), sugerindo um fator de proteção à presbifonia (envelhecimento da voz), na DIGH.

Em estudos recentes foi observada perda auditiva precoce em indivíduos com DIGH, média de idade de 52,8 anos comparada a controles com média de idade 64 anos (PRADO-BARRETO et al., 2014); coincidente com a precocidade do início do climatério na DIGH, refletindo uma função ovariana diminuída em comparação a mulheres saudáveis (MENEZES et al, 2008). No entanto, em relação à presbifonia, foi observada que a DIGH parece abolir o efeito do envelhecimento sobre dimorfismo da frequência fundamental.

As médias e medianas de  $F_1$  e  $F_2$  representam a identidade fonética das sete vogais orais do português brasileiro em adultos com DIGH, cujos valores são superiores aos dos controles, de modo similar a comparações entre crianças e adultos (LEE et al., 1999).

O sistema vocálico da DIGH é menos centralizado no gênero feminino, conforme observado na população adulta da região sul do Brasil, (RAUBER, 2008). Em controles sem DIGH a relação formante-vogal demonstram a variação dialetal e a posição articulatória da vogal da população brasileira, apontando para a adequação do método aplicado neste estudo.

Na DIGH de Itabaianinha e nos controles observam-se valores maiores de  $F_1$  das vogais baixas [a, é, ó], similares aos dados de falantes de Salvador comparados aos do Rio de Janeiro. Valores menores de  $F_1$  das vogais altas [i, u, ê, ô] na DIGH são similares aos falantes de Recife e Porto Alegre comparados aos de São Paulo (MORAES et al., 1996).

Nas tabelas 11 e 12 na DIGH de Itabaianinha e nos controles, valores de  $F_2$  sugerem o padrão mais avançado das vogais anteriores [i, ê, é], e valores menores de  $F_2$ , padrão menos recuado das vogais posteriores [u, ô, ó] encontrados em Recife e Porto Alegre (MORAES et al., 1996).

Em falantes com DIGH de ambos os gêneros foi observada a não distinção de  $F_1$  entre pares de vogais alta-média alta [u-ô] o que sugere a influencia do ajuste de constrição nas paredes da parte média da orofaringe e retração do dorso de língua (LAVAR, 2000; LIMA et al., 2007).

A variabilidade de  $F_2$  para a vogal alta posterior [u], em toda a faixa etária do padrão de normalidade, pode indicar no crescimento não uniforme do trato vocal e especificidades na região posterior da faringe (FANT, 1975). Os valores de  $F_2$  permitem

distinguir as vogais de forma significativa, tal como se verificou na literatura em população adulta (ESCUADERO et al., 2009). Diferenciam-se significativamente as vogais anteriores e posteriores [i] ≠ [u], [ê]≠[ô], [é]≠[ó]; a vogal central [a] das vogais anterior [i] e da posterior [u]. Conclui-se, assim, que na DIGH e controles o  $F_2$  permite distinguir as vogais anteriores e posteriores.

Os quatro formantes são percebidos no eixo tonotópico da orelha, influenciando o processamento auditivo (LECLERC; DAJANI; GIGUÈRE, 2013). O tubo estreitado aumenta a intensidade dos harmônicos na região mais aguda do espectro, onde a audição é mais sensível, 2000-5000Hz (TITZE, 2001), o que sugere uma relação com os achados de misofonia e predominância de perda auditiva neurosensorial leve em agudos nos indivíduos com DIGH (PRADO-BARRETO, 2013).

A redução da estatura, perímetro craniano, comprimento maxilar, mandibular e do trato vocal deve contribuir para esta estrutura de formantes mais elevada na DIGH do que em controles. Estes dados sugerem menores cavidades oral e faríngea, que resultam em espaço menor e em ondas de frequências de ciclos mais rápidos, contribuindo com a  $f_0$  elevada, o *pitch* agudo e estrutura de formantes encontrada.

A relação entre parâmetros volumétricos do trato vocal, formantes, variação dialectal, efeito do gênero e de raças é pouco relatada. O modelo de estudo da DIGH, corrobora com a hipótese da relação formante-cavidade implicada no comprimento do trato vocal na DIGH e a previsão teórica sobre o crescimento não uniforme das cavidades e das estruturas nos plano vertical e horizontal.

Provavelmente, diferenças anatômicas de dimensões do trato vocal, contribuem para diferenças acústicas de formantes no modelo DIGH, de modo similar aos estudos sobre características morfológicas de raças, relacionadas com medidas de comprimento e volume da cavidade oral, da faringe e da laringe (XUE, et al. 2006).

Como perspectivas de continuidade desta pesquisa, sugerimos a ampliação dos estudos sobre a relação dos formantes com a configuração do trato vocal, por meio de medidas cefalométricas e métodos de imagem sobre a dinâmica da fonação. Propomos ainda a intervenção fonoaudiológica dentro de uma abordagem global da voz, em duas vertentes da saúde e do aperfeiçoamento vocal dos indivíduos com DIGH, ações que poderão ser disponibilizadas na Associação de Crescimento Humano de Itabaianinha, em parceria com a Universidade Federal de Sergipe.

## 7 CONCLUSÕES

- Indivíduos com DIGH apresentam estrutura de formantes com valores maiores do que controles, em mulheres  $F_1[i, ê]$ ,  $F_2 F_4[ó]$ , e em homens  $F_3 [i, ê, é]$   $F_4[i]$ , que sugerem a importância das cavidades oral, faríngea e laríngea no encurtamento do trato vocal.
- A redução de  $F_2 [i, u]$  na DIGH sugere tubo laríngeo e faríngeo transformados em uma única cavidade.
- Na DIGH homens e mulheres apresentam valores similares dos formantes  $F_1 F_2 F_3 F_4$ , exceto valores menores de  $F_1$  de vogais baixas  $[a, é, ó]$  em homens, mantendo a previsão acústica de diferenciação de gênero aos 12 anos de idade.
- Indivíduos com DIGH, de ambos os gêneros, comparados a controles acima de 50 anos, apresentam redução do efeito da idade com valores menores de  $F_1[i, ô]$  para homens, e valores maiores de  $F_1[é]$  em mulheres.
- Na DIGH, a não distinção de  $F_1$  das vogais alta  $[u]$  e média alta  $[ô]$  sugere constrição faríngea e provável redução das cavidades oral e faríngea.

## REFERÊNCIAS

AGUIAR-OLIVEIRA M.H.; GILL M.S.; BARRETTO E.S. DE A.; ALCÂNTARA M.R.; et al. Effect of severe growth hormone (GH) deficiency due to a mutation in the GH-releasing hormone receptor on insulin-like growth factors (IGFs), IGF-binding proteins, and ternary complex formation throughout life. **J. Clin. Endocrinol. Metab.** v.84, p. 4118–4126, 1999.

AGUIAR-OLIVEIRA, M.H.; OLIVEIRA, F.T.; PEREIRA, R.M.; et al. Longevity in untreated congenital growth hormone deficiency due to a homozygous mutation in the GHRH receptor gene. **J. Clin. Endocrinol. Metab.** v. 95, n. 2, p. 714–721, 2010.

ANDRADE, F. V. **Análise de parâmetros espectrais da voz em crianças saudáveis de 4 a 8 anos.** 2009. 61 f. Dissertação (Mestrado em Fonoaudiologia) – Universidade Veiga de Almeida, Rio de Janeiro, 2009.

ANDREWS, M.L. Sexo, gênero e efeitos na Voz. In: Manual de tratamento da voz: da pediatria à geriatria.. São Paulo: Cengage Learning. Rev Música Hodie. 2009 pp.417 – 424.

ARAÚJO, A. **A Influência de Diferentes Tipos de Oclusão Dentária na Produção de Sons da Fala,** Dissertação (Mestrado em Ciências da Fala e da Audição)-Universidade de Aveiro, Aveiro, 2007.

BARBOSA JA, SALVATORI R, OLIVEIRA CR, et al. Quality of life in congenital, untreated, lifetime isolated growth hormone deficiency. **Psychoneuroendocrinology.** v.34, p. 894–900, 2009.

BARRETO, V. M. P; D'ÁVILA, J. S; SALES, N. J; GONÇALVES, M. I. R; SEABRA, J. D; SALVATORI, R; AGUIAR-OLIVEIRA, M. Laryngeal and vocal evaluation in untreated growth hormone deficient adults. **Otolaryngol Head Neck Surg.** v. 140, n. 1 37-42; January, 2009.

BARRETO-FILHO J. A. S.; ALCANTARA, M. R. S.; SALVATORI, R. et al. Familial isolated growth hormone deficiency is associated with increased systolic blood pressure, central obesity, and dyslipidemia. **J Clin Endocrinol Metab,** v. 87, n. 5, p. 2018-2023, 2002.

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

BEBER, B. C; CIELO, C. A. Características da espectrografia de banda larga e estreita da emissão vocal de homens com laringe sem afecções. **Rev. CEFAC,** v.14, n.2, p. 290-297, 2012.



BEHLAU, M. S.; TOSI, O; PONTES, P. A. L. Determinação da frequência fundamental e suas variações em altura (jitter) e intensidade (shimmer) para falantes do português brasileiro. **Acta AWHO** v.4, n.1, p. 5-10, 1985.

BEHLAU, M. S; PONTES, P. A; TOSI, O; GANANÇA, M. M. Análise espectrográfica de formantes das vogais do português brasileiro falado em São Paulo. **Acta AWHO**; 7:67-73, 1988.

BEHLAU, M.; FEIJÓ, D.; MADAZIO, G.; REHDER, M.I.; AZEVEDO, R.; FERREIRA, A.E. Voz profissional: aspectos gerais e atuação fonoaudiológica. In: **Voz: o livro do especialista**. v. 2. Rio de Janeiro: Revinter; 2005. p.287-406.

BEHLAU, M.; MADAZIO, G; FEIJÓ, D; PONTES, P. A. L. Avaliação de Voz. In; **Voz: o livro do especialista**.v. 2. Rio de Janeiro: Revinter. 2001, p. 85-245.

BENNETT, S. Vowel formant frequency characteristics of preadolescent males and females.**J. Acoust. Soc. Am.**v. 69, n. 1, p. 231-238, 1981.

BIANCHINI, E. M. G. A cefalometria nas alterações miofuncionais orais: diagnóstico e tratamento fonoaudiológico. 5 ed. São Paulo: **Pró-Fono**, 2002.

BOERSMA, P.; WEENINK, D. **Praat: doing phonetics by computer**. [Computer program], Version 5.3.51, disponível em 2 June 2013 from <http://www.praat.org/>. Acesso em: 8 junho de 2013.

BOGUSZEWSKI, C. L. Genética molecular do eixo GH-IGF-I. **ArqBrasEndocrinolMetab**, v.45, n.1, p.5-14, 2001.

BOONE, D.R. ; McFarlane S.C. ; Von Berg, S. L. Tha Normal Voice. In:**The voice and voice therapy**. 9ª,ed. Boston, Pearson Education, 2010.p.15-53.

BORDEN, G.J.; HARRIS, K. S.; RAPHAEL, L.J. Speech Science Primer.**In: Physiology Acoustics, and Perception of Speech**. 4 ed. Lippincott Williams & Wilkins,2003.

BRANDI E. Você e Eu - Entre nós a Voz. Rio de Janeiro: Revinter, (1ª. ed.), 2007.p.107.

BRASIL, O. O. C; YAMASAKI, R; LEÃO, S. H. S. Proposta de medição da posição vertical da laringe. **Rev Bras Otorrinolaringol.**; 71(3):313-7, 2005.

CAMARGO, Z; MADUREIRA, S; TSUJI, D. H. **Analysis of dysphonic voices based on the interpretation of acoustic, physiological and perceptual data**.Proceedings. In: International Seminaron Speech Production, 6th, 2003, Sydney.

CANTU G et al Differential growth and maturation in idiopathic growth-hormone-deficient children.**European Journal of Orthodontics**. v.19, p.131–139,1997.

CARAKUSHANSKY, M; WHATMORE, A. J; CLAYTON, P. E; SHALET, S. N; GLEESON, H. K; PRICE, D. A; et al. A new missense mutation in the growth hormone-releasing hormone receptor gene in familial isolated GH deficiency. **Eur J Endocrinol.** 148 (1) p.25-30. Jan, 2003.p.171-252.

CHILDERS D. G; WU, K. Gender recognition from speech.part II: fine analysis. **J. Acoust. Soc. Am.** 90:1841–56, 1991.

CLOPPER, C. G., PISONI, D. B., AND DE JONG, K. Acoustic characteristics of the vowel systems of six regional varieties of American English. **J. Acoust. Soc. Am.** 118, 1661–1676, 2005.

COLTON, R. H; CASPER, J. K; LEONARD, R. Ph.D. Problemas Vocais associados a vozes de crianças e idosos. In: **Compreendendo os Problemas da Voz – uma perspectiva fisiológica no diagnóstico e tratamento das disfonias**. Rio de Janeiro: Revinter, 2010.

CORDEIRO, F.G.; PINHO, S.M.R.; CAMARGO, Z.A. Formante do Cantor: Um enfoque fisiológico. In: PINHO **Temas em voz profissional**. Rio de Janeiro: Revinter, 2007. p.23-32.

CÔRTEZ, M. G; GAMA, A. C. C. Visual analysis of spectrographic parameters before and after dysphonia therapy. **RevSoc Bras Fonoaudiol.** 15(2):243-9, 2010.

CRISTÓFARO SILVA, Thaís. **Fonética e Fonologia do Português**: Roteiro de Estudos e Guia de Exercícios. 6 ed. São Paulo: Contexto, 2002.p. 32-116

CUNHA, M. M. M. **Variação acústica das vogais orais de crianças do português europeu**. 2011. 47f. Dissertação (Mestrado em Ciências da Fala e da Audição) – Universidade de Aveiro, Portugal, 2011.

De A. BARRETTO, E.S.D.; GILL, M.S.; DE FREITAS, M.E.S. et al. Serum leptin and body composition in children with familial GH deficiency (GHD) due to a mutation in the growth hormone-releasing hormone (GHRH) receptor. **Clin. Endocrinol.** (Oxf). v. 51, n. 5, p. 559-564, 1999.

DE CARVALHO TELES, V.; ROSINHA, A. C. U. Análise Acústica dos Formantes e das Medidas de Perturbação do Sinal Sonoro em Mulheres Sem Queixas Vocais, Não fumantes e Não Etilista. **Arq. Int. Otorrinolaringol./Intl. Arch. Otorhinolaryngol.** São Paulo, v.12, n.4, p. 523-530, 2008.

ECKEL, H. E; SPRINZL, G. M; SITTEL, C; KOEBKE, J; DAMM, M; STENNERT, E. **Anatomy of the glottis and subglottis in the pediatric larynx.** HNO. 48(7):501-7; Jul, 2000.

EGUCHI S., HIRSH I.J. Development of speech sounds in children. **Acta Otolaryngologica.** 1969;(suppl 257).

ESCUADERO, P; BOERSMA, P; RAUBER A. S; BION, R. A. H. A cross-dialect acoustic description of vowels: Brazilian and European Portuguese. **J. Acoust. Soc. Am.** 126 (3): p.1370-1379, 2009.

FANT G., Acoustic theory of speech production. 2nd edition. The Hague (Netherlands): Mouton;1970.

FANT, G. A note on vocal tract size factors and non-uniform F-pattern scalings. *Speech Transmission Laboratory Quarterly Progress & Status Reports*. **Royal Institute of Technology**, Stockholm. 1975;v.4, p.22–30.

FITCH, T; GIEDD, J. Morphology and development of the human vocal tract: A study using magnetic resonance imaging. **J Acoust. Soc. Am.** 106:1511–1522, 1999.

FUNATSU M., SATO K., MITANI H. Effects of growth hormone on craniofacial growth. **Angle Orthod.** v.76. p. 970–977, 2006.

GODINO-LLORENTE, J. I; OSMA-RUIZ, V; SÁENZ-LECHÓN, N; COBETA-MARCO, I; GONZÁLEZ-HERRANZ, R; RAMÍREZ-CALVO, C. Acoustic analysis of voice using WPCVox: a comparative study with Multi Dimensional Voice Program. **EurArchOtorhinolaryngol.** 265(4):465-76, 2008.

GONÇALVES, M, I. R; PONTES, P. A. L; VIEIRA, V. P; PONTES A. A. L; CURCIO, D; BIASE, N. G. Função de transferência das vogais orais do Português brasileiro: análise acústica comparativa. *Braz. J. otorhinolaryngol.* (Impr).v.75, n.5, p. 680-684, 2009.

GONZÁLEZ, J. Formant frequencies and body size of speaker: a weak relationship in adults humans. **J Phonet.** 32(2):277-87, 2004.

GREENSPAN, F. S.; STREWLWER, G. J. **Basic e Clinical Endocrinology**. 5. ed. Stanford: Appleton & Longe, 1997.

GUIMARÃES, I; ABBERTON, E. Fundamental frequency in speakers of Portuguese for different voice samples. **J Voice.** 19(4):592-606, 2005.

GUIMARÃES, I; CRUZ, M. C. Avaliação aerodinâmica da voz. In **Manual do curso teórico-prático da voz**. Lisboa: Fisiopraxis, 1995.

HAMMOND, T. H; GRAY, S. D; BUTLER, J. Age- and gender-related collagen distribution in human vocal folds. **Ann OtolRhinolLaryngol**; 109 (10 Pt 1): 913-20. Oct. 2000

HARNSBERGER, J. D; SHIRIVASTA, V. R; BROWN JR, W. S; ROTHMAN, H; HOLLIEN, H. Speaking rate and fundamental frequency as speech cues to perceived age. **J Voice**; 22(1):58-69. 2008.

HARRINGTON, J.; KLEBER, F., AND REUBOLD, U. Compensation for coarticulation, /u/-fronting, and sound change in standard southern British: An acoustic and perceptual study. **J. Acoust. Soc. Am.** 123, 2825–2835. 2008.

HILLENBRAND, J; CLARK, .M. The role of  $f_0$  and formant frequencies in distinguishing the voices of men and women. **Attention, Perception & Psychophysics**. Vol. 71, n.º 5, p. 1150-1166, 2009.

HIRANO, M; BLESS, D. A Vibração das pregas vocais. **Exame videoestroboscópico da laringe**. Porto Alegre. 1997. Artes Médicas. p. 35 – 47.

KAZI, R. A; PRASAD, V. M. N; KANAGALIGAM, J; NUTTING, C. M; CLARKE, P; RHYS-EVANS, P; HARRINGTON, K. J. Assessment of the formant frequencies in normal and laryngectomized individuals using Linear Predictive Coding. **J Voice**. 21(6):661-8. 2007.

KENT, R; READ, C. **The Acoustic Analysis of Speech**. Albany, NY:: Singular/Thomson Learning., 2002.

KONFINO R., PERTZELAN A., LARON Z. Cephalometric measurements of familial dwarfism and high plasma immunoreactive growth hormone. **Am J Orthod**. 68.p.196–201. 1975.

LACEY, K.A; PARRKIN, J. M. Causes of short stature. A community study of children in Newcastle upon Tyne. **Lancet**. , v.12, n.1(7846) , p. 42-45, 1974.

LADEFOGED, P; DISNER, S. F. Vowels and Consonants. Wiley. Com. Edition History: **Blackwell Publishing Ltd**. Oxford, 2012.

LARON Z, KOPCHICK J.J. Sexual development in patients with Laron Syndrome. In: **Laron syndrome-from Man to Mouse**. Berlin-Heidelberg: Springer-Verlag; 2011.p-104.

LAVER, J. Phonetic evaluation of voice quality. In: KENT, R. D; BALL, M. J. Voice quality measurement. San Diego: **Singular Publishing Group**. p. 37-48, 2000.

LECLERC, I.; DAJANI, H.R.; GIGUÈRE, C. Differences in Shimmer Across Formant Regions. **Journal of Voice**, v. 27, n. 6, p. 685-690, 2013.

LEE, S; POTAMIANOS, A; NARAYANAN, S. Acoustics of children's speech: developmental changes of temporal and spectral parameters. **J Acoust.Soc. Am.** v.105, p.1455–1468, 1999.

LIEBERMAN, D. E; MCCARTHY, R. C; HIIEMAE, K. M; PALMER, J. B. Ontogeny of postnatal hyoid and larynx descent in humans. **Archives of Oral Biology**, v.46, p.117–128, 2001.

LIMA, M. F. B; CAMARGO, Z. A; FERREIRA, L. P; MADUREIRA, S. Qualidade vocal e formantes das vogais de falantes adultos da cidade de João Pessoa. **Rev CEFAC**, v.9, n.1, 99-109, jan-mar, 2007.

LINDSAY, R; FELDKAMP, M; HARRIS, D; ROBERTSON, J; RALLISON, M. Utah growth study: growth standards and the prevalence of growth hormone deficiency. **J. Pediatric**. 125: 29-35; 1994.

MACARI, A.T., KARAM, I. A., TABRI, D., SARIEDDINE, D., & HAMDAN, A. L. et al. Correlation Between the Length and Sagittal Projection of the Upper and Lower Jaw and the Fundamental Frequency. **Journal of Voice**, 2013.

MAGRI, A; CUKIER-BLAJ, S; KARMAN, D. F; CAMARGO, Z. A. Correlatos perceptivos e acústicos dos ajustes supraglóticos na disfonia. **Rev. CEFAC**; 4(9):512-8, 2007.

MAGRI, A; STAMADO, T; CAMARGO, Z. A. Influência da largura de banda de formantes na qualidade vocal. **Rev. CEFAC**, vol.11, n.2, pp. 296-304. Mar, 2009.

MARTINELLI JUNIOR, C. E. et al. **Diagnosis of Growth Hormone (IGF-I) Deficiency**. *Arq Bras Endocrinol Metab.*, São Paulo, v. 46, n. 1, 2002.

MARTINELLI, C.E.J.; CUSTÓDIO R.J.; AGUIAR-OLIVEIRA, M.H. Fisiologia do eixo GH-sistema IGF. **Arq. Bras. Endocrinol Metabol.** v.52, n. 5, p. 717-725, 2008.

MARUI, S. et al. **Bases Genéticas dos Distúrbios de Crescimento**. *Arq Bras Endocrinol Metab.* v. 46 n. 4 p. 444-456. Ago. 2002.

MASTER, S.; BIASE, N. D.; CHIARI, B. M.; PEDROSA, V. O espectro médio de longo termo na pesquisa e na clínica fonoaudiológica. **Pró-Fono Revista de Atualização Científica**, Barueri (SP), v. 18, n. 1, p. 111-120, 2006.

MELMED, S.; KLEINBERG, D. The anterior pituitary gland. In: LARSEN, P. R. et al. **Williams Text book of Endocrinology**. Filadélfia: 10. ed., W. B. Saunders, p. 177-280, 2002.

MORAES, J. A; CALLOU, D; LEITE, Y. **O sistema vocálico do português do Brasil: caracterização acústica**. In: KATO, M. (Org.). *Gramática do Português Falado* 5.

NETCHINE I., TALON P., DASTOT F., VITAUX F., GOOSSENS M., AMSELEM S. Extensive phenotypic analysis of a family with growth hormone (GH) deficiency caused by a mutation in the GH-releasing hormone receptor gene. **J Clin Endocrinol Metab**, v.83, p. 432-6, 1998.

NISHIMURA, T. Comparative morphology of the hyo-laryngeal complex in anthropoids: two steps in the evolution of the descent of the larynx. **Primates**. 44:41-49, 2003.

OLIVEIRA H.A., SALVATORI R., KRAUSS M.P., OLIVEIRA C.R.P., SILVA P.R.C., AGUIAR-OLIVEIRA M.H. Magnetic resonance imaging study of pituitary morphology in subjects homozygous and heterozygous for a null mutation of the GHRH receptor gene. **Eur J Endocrinol**, v.148, p.427- 432, 2003.

OLIVEIRA, V. L.; PINHO, S. M. R. Qualidade da Voz e o Trato Vocal em Indivíduos de Face curta e face Longa. In: PINHO, S. M. R.(org.). **Tópicos em voz**. Rio de Janeiro: Guanabara-Koogan; 2001, p81-88.

OLIVEIRA-NETO L.A., MELO M.F.B., FRANCO A.A., OLIVEIRA A.H.A., SOUZA A.H.O., VALENCA E.H.O., et al. Cephalometric features in isolated growth hormonedeficiency. **Angle Orthod**.v.81, p.578–583, 2011.

PERRY, T. L; OHDE, R. N; ASHMEAD, D. H.The acoustic bases for gender identification from children’s voices.**J. Acoust. Soe. Am.** v.109, n. 6, p. 2988-2998, 2001.

PETER GS, PINHO SMR, ASSENCIO-FERREIRA VJ. Musculatura extrínseca da laringe e sua participação na produção vocal. **Rev CEFAC**. 2001;3(2):133-141.

PHILLIPS III, J. A; HJELLE, B. L; SEEBURG, P. H; ZACHMANN, M. Molecular Basis for Familial Isolated Growth Hormone Deficiency.**ProcNatlAcadSci** EUA A. 78 (10) :6372-5. Oct, 1981.

PINHO S.M.R. PONTES P. Avaliação Perceptiva da Fonte Glótica - Escla RASATI. In: **Músculos Intrínsecos da Laringe e Dinâmica Vocal** Rio de Janeiro: Revinter; 2008 p. 6

PINHO, S. M. R; CAMARGO, Z. Introdução à análise acústica da voz e da fala. In: PINHO, S. M. R.(org.) **Tópicos em voz**. Rio de Janeiro: Guanabara-Koogan; 2001. p. 19-44.

PINHO, Sílvia M. Rebelo; TSUJI, Domingos Hiroshi; BOHADANA, Saramira C. **Fundamentos em laringologia e voz**. Rio de Janeiro: Revinter, 2006. 192 p.

PRADO-BARRETO, V. M., SALVATORI, R., SANTOS JUNIOR, R. C., et al.Hearing Status in Adult Individuals with Lifetime, Untreated Isolated Growth Hormone Deficiency.**Otolaryngology--Head and Neck Surgery**, 2014;150(3):464-71.

RAMIRES R.R., FERREIRA L.P., MARCHESAN I.Q., CATTONI D.M., ANDRADA E SILVA M.A. Relação entre cefalometria e análise facial na determinação do tipo de face. **Rev CEFAC**. 11(Supl 3).p.349-54,2009.

RAUBER, A. S. An acoustic description of Brazilian Portuguese oral vowels.**Diacrítica, Ciências da Linguagem**, v. 22, n. 1, p. 229-238, 2008.

REHDER M.I.B.C. Inter-relações entre Voze Motricidade oral. In: Ferreira LP, Befi- Lopes DM, Limongi SCO. **Tratado de fonoaudiologia**. São Paulo: Rocca; 2004. p. 59-74.

REHDER, M.I.B.C., BEHLAU, M.S. Vocal profile of choir conductors in the State of São Paulo. *Revista CEFAC*, v. 10, n. 2, p. 206-217, 2008.

RUSO I.C.P., BEHLAU M. S. As Pistas Acústicas das Vogais e Consoantes. **Percepção da fala: análise acústica**. São Paulo: Lovise; 1993. p.25-39.

SALVATORI, R. et al. Detection of a recurring mutation in the human growth hormone-releasing hormone receptor gene. *Clin. Endocrinol.* (Oxf). v. 57, n. 1, p. 77-80, 2002.

SALVATORI, R. et al. Familial dwarfism due to a novel mutation of the growth hormone-releasing hormone receptor gene. *J. Clin. Endocrinol. Metab.* v. 84, n. 3, p. 917-923, 1999.

SALVATORI, R. et al. Three New Mutations in the Gene for the Growth Hormone (GH)-Releasing Hormone Receptor in Familial Isolated GH Deficiency Type IB. *J. Clin. Endocrinol. Metab.* v. 86, n. 1, p. 273-9, 2001.

SANTOS, I. R. Análise acústica da voz de indivíduos na terceira idade. 2005. 189f. Dissertação. (Mestrado em Fonoaudiologia) - **Universidade de São Paulo**, São Carlos, São Paulo.

SATALOFF R.T., SPIEGEL J.R., ROSEN D.C. The effects of age on the voice. In: Sataloff RT. Professional voice: the science and art clinical care. **San Diego: Singular Publishing Group**; 1997. p. 259-67. 11.

SCHWARZ, K; CIELO, C. A. Modificações laringeas e vocais produzidas pela técnica de vibração sonorizada de língua. **Pró-Fono Revista de Atualização Científica**.v.21, n.2, p.161-166, 2009.

SEARA, I.C; NUNEZ, V. G; LAZZAROTTO-VOLCÃO, C. Segmentos Vocálicos. In: **Fonética e fonologia do português brasileiro: 2º período**. Florianópolis: LLV/CCE/UFSC, 2011.p. 25-63.

SOUZA, A.H.O. et al. Hormônio do crescimento ou somatotrófico: novas perspectivas na deficiência isolada de GH a partir da descrição da mutação no gene do receptor do GHRH nos indivíduos da cidade de Itabaianinha, Brasil. **Arq. Bras. Endocrinol. Metab**, São Paulo, v. 48, n. 3, p. 406-413, 2004.

STORY, B.H.; TITZE, I. R.; HOFFMAN, E. A. Vocal tract area functions for an adult female speaker based on volumetric imaging. *The Journal of the Acoustical Society of America*, v. 104, p. 471, 1998.

SUNDBERG, J. Articulatory in introduction of the “singing formant”. *Society of Americana, JASA*.v.55, p. 838-44, 1974.

TITZE, I .R; STORY, B. H. Acoustic interactions of the voice source with the lower vocal tract. *The Journal of the Acoustical Society of America*, v. 101, p. 2234-431, 1997.

TITZE, I. R. **Principles of Voice Production**. 2 ed. Iowa City: Nacional Center for Voice and Speech, 2000.

TITZE, I. R. Voice Classification and-life-span changes. In: **Principles of voice production**. Englewood Cliffs: Prentice Hall, 1994. p.169-90.

VALENÇA E.H.O., SOUZA A.H.O., OLIVEIRA A.H.A. et al. Voice Quality in Short Stature With and Without GH Deficiency **Journal of Voice** v.26, n.5, p.673e13-673.e19, 2012.

VALENTIM, A. F; CÔRTEZ, M. G; GAMA, A. C. C. Spectrographic analysis of the voice: effect of visual training on the reliability of evaluation. **Rev Soc Bras Fonoaudiol**. 15(3):335-42.3, 2010.

VAN ERUM R., MULIER M., CARELS C., VERBEKE G., DE ZEGHER F. Craniofacial growth in short children born small for gestational age: effect of growth hormone treatment. **J Dent Res**. 76. p.1579–1586, 1997.

VIEGAS, D., VIEGAS, F., ATHERINO, C. C. T., & BAECK, H. E. Parâmetros espectrais da voz em crianças respiradoras orais. **Revista CEFAC**, v. 12, n. 5, p. 820-830, 2010.

VIEIRA, V. P; GONÇALVES, M. I. R; PONTES, P; PONTES, A. L. Características das vozes roucas ásperas e normais: análise acústica espectrográfica comparativa. **RevBrasOtorrinolaringol**.v. 2. p.182-8. 2002.

VORPERIAN H.K., WANG S., CHUNG M.K., SCHIMEK E.M., DURTSCHI R.B., KENT R.D., et al. Anatomic development of the oral and pharyngeal portions of the vocal tract: An imaging study. **Journal of the Acoustical Society of America**. v. 125, n.3, p.1666–1678. 2009.

VORPERIAN, H. K. ; KENT, R. D., GENTRY, L. R.; YANDELL, B. S. Magnetic resonance imaging procedures to study the concurrent anatomic development of vocal tract structures: preliminary results. **International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology**, v. 49, n. 3, p. 197-206, 1999.

VORPERIAN, H. K; KENT, R. D. Vowel acoustic space development in children: a synthesis of acoustic and anatomic data. **Journal of Speech, Language, and Hearing Research**, v. 50, n. 6, p. 1510-1545, 2007.

VORPERIAN, H. K; KENT, R. D; LINDSTROM, M. J; KALINA, C. M; GENTRY, L. R; YANDELL, B. S. Development of vocal tract length during childhood: A Magnetic Resonance Imaging Study. **The Journal of the Acoustical Society of America**, v. 117, n. 1, p. 338–350. 2005.

VORPERIAN, Houri K. et al. Developmental sexual dimorphism of the oral and pharyngeal portions of the vocal tract: An imaging study. **Journal of Speech, Language, and Hearing Research**, v. 54, n. 4, p. 995-1010, 2011.



WAJNRAJCH, M. P; GERTNER, J. M; HARBISON, M. D; CHUA JR, S. C; LEIBEL, R. L. Nonsense Mutation in the Human Growth Hormone-Releasing Hormone Receptor causes Growth Failure Analogous To the Little (lit) Mouse. **Nat Genet**; 12 (1) :88-90. Jan, 1996.

WHALEN, D. H.; LEVITT, A. G. The universality of intrinsic F0 of vowels. **J. Phonetics** 23. 349–366, 1995.

WHITESIDE, S. P; HODGSONH, C. Speech patterns of children and adults elicited via a picture-naming task: an acoustic study. **Speech Communication**. 32:267–285, 2000.

WILSON, D. K. Children's voice problems. **Voice Problems of Children**. 3rd ed. Maryland: Williams & Wilkins; 1987. p. 2-15.

XUE, S. A; CHENG, R. W; NG, L. M. Vocal tract dimensional development of adolescents: An acoustic reflection study. **Int J Pediatr Otorhinolaryngol**. 74(8):907-12, 2010.

ZEMLIN, W.R. Fonação. In. **Princípios de Anatomia e Fisiologia em Fonoaudiologia**. Tradução de T. OPPIDO. 4ed. Porto Alegre: ARTMED, 2000, p. 118-214.

## ANEXO A



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE**  
**PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA**  
**NÚCLEO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM MEDICINA**  
**CAMPUS DA SAÚDE PROF. JOÃO CARDOSO NASCIMENTO JR**  
**Rua Cláudio Batista S/Nº -Didática V-Bairro Sanatório**  
**CEP: 49060-100 Aracaju -SE / Fone/Fax:(79) 218-1783**  
**Email: npgme@ufs.br**

**TCLE-Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.**

Nome \_\_\_\_\_ Sexo \_\_\_\_\_ idade \_\_\_\_\_

Endereço \_\_\_\_\_

Nível ocupacional/Escolaridade: \_\_\_\_\_

AoSr (a)

Estamos fazendo um estudo sobre a sua voz: ANÁLISE ACÚSTICA DOS FORMANTES para este estudo precisamos da sua colaboração no sentido de permitir que realizemos gravação da sua voz.

O seu nome não será revelado, pois usaremos só as iniciais e você poderá deixar o estudo quando desejar e sem perder o direito de ser atendido pela equipe médica que o assiste.

Se concordar em participar deste estudo deverá assinar este termo de consentimento, perguntar sobre o que por ventura lhe preocupar, para ser devidamente esclarecido.

Atenciosamente,

\_\_\_\_\_  
Eugênia Hermínia Oliveira Valença Fone:7932247018 Celular9924-22-25

\_\_\_\_\_  
Assinatura do participante

25. Oliveira HA, Salvatori R, Kraus MP, Oliveira CRP, Silva PCR, Aguiar-Oliveira MH. Magnetic resonance imaging study of pituitary morphology in subjects homozygous and heterozygous for a null mutation of the GHRH receptor gene. *Eur J Endocrinol*. 2003;148:427–432.
26. Martins DR, Janson GRP, Almeida RR, Pinzam A, Freitas MR. *Atlas de Crescimento Craniofacial*. São Paulo: Santos; 1998.
27. Spiegel RN, Sather AH, Hayles AB. Cephalometric study of children with various endocrine diseases. *Am J Orthod*. 1971;59:362–375.
28. Konfino R, Pertzalan A, Laron Z. Cephalometric measurements of familial dwarfism and high plasma immunoreactive growth hormone. *Am J Orthod*. 1975;68:196–201.
29. VanErum R, Mulier M, Carels C, Verbeke G, de Zegher F. Craniofacial growth in short children born small for gestational age: effect of growth hormone treatment. *J Dent Res*. 1997;76:1579–1586.
30. VanErum R, Mulier G, Carels C, deZegher F. Craniofacial growth and dental maturation in short children born small for gestational age: effect of growth hormone treatment—own observations and review of the literature. *Horm Res*. 1998; 50:141–146.
31. de Faria MEJ, Carvalho LR, Rossetto SM, Amaral TS, Berger K, Arnhold IJP, Mendonça BB. Analysis of craniofacial and extremity growth in patients with growth hormone deficiency during growth hormone therapy. *Horm Res*. 2009; 71:173–177.
32. Herrmann BL, Mortsch F, Berg C, Weischer T, Mohr C, Mann K. Acromegaly: a cross-sectional analysis of the oral and maxillofacial pathologies. *Exp Clin Endocrinol Diabetes*. 2010 Jul 23. [Epub ahead of print]
33. Salvatori R, Serpa MG, Parmigiani G, et al. GH response to hypoglycemia and clonidine in the GH-releasing hormone resistance syndrome. *J Endocrinol Invest*. 2006;29: 805–808.
34. Osorio MG, Marui S, Jorge AA, et al. Pituitary magnetic resonance imaging and function in patients with growth hormone deficiency with and without mutations in GHRH-R, GH-1, or PROP-1 genes. *J Clin Endocrinol Metab*. 2002;87: 5076–5084.
35. Loche S, Bizzarri C, Maghnie M, Faedda A, Tziaila C, Autelli M, Casini MR, Cappa M. Results of early re-evaluation of growth hormone secretion in short children with apparent growth hormone deficiency. *J Pediatr*. 2002; 140:445–449.

## APÊNDICE C

**Journal of Voice**  
Editor-in-Chief,

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

Aracaju, April 23/2014

We are submitting to The Journal of Voice, the paper titles. **Voice Formants Structure in individuals with isolated lifetime genetic growth hormone deficiency** These data extend the data of  $f_0$ , already published in this prestigious journal, to the voice formant structure in a uniquely large kindred with adults affected by lifetime (and untreated) congenital isolated growth hormone deficiency, due the same monogenic defect. These data are the first to assess the voice formant structure in lifetime untreated Growth Hormone deficiency. These data are not available in the literature and difficult to obtain outside these unique kindred. Thanks in advance for the opportunity

Eugenia H. O. Valença<sup>1</sup>[eugeniaherminia@bol.com.br](mailto:eugeniaherminia@bol.com.br)

<sup>1</sup>Division of Speech Therapy, Federal University of Sergipe, Aracaju, Sergipe, Brazil

### Corresponding Author:

Manuel H. Aguiar-Oliveira MD, PhD<sup>1</sup>: [herminio@infonet.com.br](mailto:herminio@infonet.com.br)

### Institutions:

Federal University of Sergipe, Department of Medicine

Johns Hopkins University School of Medicine

### Word count:

**Abstract:** 250

**Text:** 2130

**Tables:** 5

**Figures:** 6

**Key words:** Growth hormone-voice-formant frequencies-acoustic analysis

### ABSTRACT

**Objective:** to analyze the influence of gender and age on the first (F1), second (F2), third (F3), and fourth (F4) formants frequencies of seven oral vowels in Brazilian Portuguese, [a, ε, e, i, ɔ, o, u] in adult individuals with untreated isolated growth hormone (GH) deficiency (IGHD).

**Study Design:** Cross-sectional.

**Methods:** Acoustics analysis of isolated vowels was performed in 33 individuals with IGHD, 44.5 (17.6) years, 16 female, and 29 controls, 51.1 (17.6) years, 15 female. The sub-group of subjects above 50 years of age was also analyzed separately

**Results:** In Comparison to controls, IGHD male show higher values of F3 [i, e and ε],  $p=0.006$ ,  $p=0.022$  and,  $p=0.006$ , respectively, and F4 [i],  $p=0.001$  and lower values of F2[u]  $p=0.034$ ; IGHD female present higher values of F1[i and e]  $p=0.029$  and  $p=0.036$ ; and F2[ɔ]  $p=0.006$ ; F4[ɔ],  $p=0.031$ ; and lower values of F2[i]  $p=0.004$ . Male and female IGHD have similar formant frequencies, except lower values in male IGHD of F1 of [a, ɔ and ε]  $p<0.0001$ ,  $p=0.004$  and  $p=0.001$ , respectively. Over 50 years of age, IGHD male have lower values of F1 [i, ɔ]  $p=0.042$ ,  $p=0.040$ ; and IGHD female, higher values of F1 [ε]  $p=0.018$ .

**Conclusions:** IGHD subjects exhibit higher values of formants frequencies, suggesting shortening of vocal tract. IGHD presents reduction the effect of gender on the structure of the formants, maintaining the acoustic prediction of adolescents. IGHD reduces the effect of aging and gender on the formant structure.

## 1. INTRODUCTION

Voice production depends on a complex interaction among structures in the respiratory system (expiratory flux), digestive system, and bone (resonating). The geometry of the vocal tract, the tube from the vocal folds to the lips or nostrils, influences voice quality. The air in the oral, pharyngeal, and laryngeal cavities vibrates at various frequencies in response to the vibratory movement of the vocal folds, whose number of cycles per second corresponds to the fundamental frequency ( $f_0$ , Hz) of the laryngeal signal. Vocal tract resonances are often studied in terms of vowel formant frequencies (F, Hz), multiples of  $f_0$ . First formant (F1) relates to sound amplification in the posterior oral cavity; second formant (F2), to the anterior oral cavity; third formant (F3), to the space between front and behind of the apex of the tongue; fourth formant (F4), to the laryngeal tube length<sup>1</sup>. Formant frequencies structure reflects not only the height, but also the size and shape of the vocal tract and its constrictions, as well as tongue and lip positions, which can change the functional length of the vocal tract<sup>2</sup>. While  $f_0$  is inversely correlated to stature<sup>3</sup>, formant frequencies is inversely related to the vocal tract length<sup>4</sup>. Craniofacial dimensions also contribute to vocal tract length and influence  $f_0$  and formants frequencies<sup>5</sup>. In healthy subjects, there is a negative correlation between length of the maxilla and mandible with  $f_0$ , more significant in men<sup>6</sup>. The relationship of these measures craniofacial with formants frequencies was not studied. Individuals with short face tend to shift the higher formants frequencies values<sup>7</sup>. Age and gender also influences the formant structures, with lower formant found in men, followed by women and children.

We have identified in Northeastern Brazil (Itabaianinha County, State of Sergipe) a cohort of individuals with isolated growth hormone (GH) deficiency (IGHD) caused by the homozygous c.57 +1 G>A mutation in the GH releasing hormone receptor gene<sup>8</sup>. This results in severe short stature, with very low serum levels of GH, and of its principal mediator insulin like growth factor-I (IGF-I) and normal values of other pituitary hormones<sup>9</sup>. These IGHD individuals present marked reduction of cephalic perimeter<sup>10</sup>, and reduction of all linear cephalometric measurements, particularly total maxillary length<sup>11</sup>, and high  $f_0$  in both genders<sup>12</sup>, without aging voice effect, and signs of laryngeal constriction<sup>13</sup>.

In this work, we hypothesized that adult IGHD individuals present higher formant structure than controls, and that the effect of aging on formant structure is attenuated. To test this, we analyzed the influence of gender and aging on the four first formant structures of IGHD subjects.

## 2. METHODS

Subjects (age  $\geq 20$  yrs.) were recruited by word of mouth and by an ad placed in the local dwarfs' association building, located in Itabaianinha. Exclusion criteria were mental or speech deficiencies that would make subjects unable to fulfill the requirements of the protocol. Inclusion criteria for IGHD group were: homozygosis for the *GHRHR* c.57 +1 G>A mutation, and no previous GH treatment. We had previously reported the perceptual-auditory analysis (Grade, Roughness, Breathiness, Asthenia, Strain scale, GRBAS scale) and videolaryngostroboscopic assesment<sup>13</sup>.

The control group included normal stature subjects living in the same community. All subjects were Portuguese language native speakers. The Institutional Review Board of the Federal University of Sergipe approved the protocol. Written informed consent was obtained.

To assess the formant structure of the IGHD individuals, a cross-sectional study was conducted in the same 33 IGHD individuals and 30 normal controls of our previous work, in which it was studied  $f_0$  and Voice-Related Quality-of-Life<sup>12</sup>. The subjects were stratified by gender, and the stature was measured as previously reported<sup>14</sup>. The groups were thus constituted. Female: 16 IGHD, 47.3(16.6) yrs., 117.5(5.6) cm; and 15 controls, 48.8 (13.7) yrs.,

155.2(6.3) cm. Male: 17 IGHD, 41.8(18.6) yrs., 129.4 (5.2) cm; and 14 controls 53.6(21.5) yrs., 165.3 (9.0) cm. In addition, we analyzed separately the subgroup of 13 men (five with IDGH) and 20 female (nine with IGHD), who were above 50 years of age.

The F1, F2, F3 and F4 formants (Hz), of the seven oral vowels in Brazilian Portuguese [a, ε, e, i, ɔ, o, u], were measured by acoustic analysis. Each subject was seated in a quiet room with an ambient noise level of less than 40 dB Sound Pressure Level (SPL). For each subject, we studied 3-second sustained vowel emission, passage using comfortable conversational pitch and loudness levels, using a microphone model SM58; Shure Inc., Niles, IL, unidirectional that was kept at fixed distance of 5 cm from the subject's mouth. The individuals were asked to say the sustained vowels in one time before recording it, to verify that they understood the task and that the vowel quality was perceptual-auditory similar in all emissions<sup>15</sup>. Samples were digitally recorded software Sound Forge 10.0, and stored for later analysis.

Speech samples were digitally recorded at 22050 Hz, we proceeded to make manual annotations at using the PRAAT (Version 5.3.51) acoustic analysis software<sup>16</sup> and semi-automatic extraction of the acoustic parameters mentioned above. Was used the "Show formant" commands to obtain the beginning and end times of the selected analyzed portion of the vowel and the formant frequencies (Hz) of F1, F2, F3 and F4 for each vowel.

Additionally, we studied the Portuguese vowel inventory internal symmetry comparing values of F1 for vowel height differences; comparing values of F2 for each front - back vowels. Portuguese vowel inventory has an internal symmetry: the central low vowel [a], three unrounded front vowels [i, e and ε] and three rounded back vowels [u, o, and ɔ] and three pairs, one with two high vowels [i- u], one with , two higher-mid vowels [e - o] and the last with two lower-mid vowels [ε - ɔ]<sup>17</sup>.

### Statistics

Data are expressed as mean (standard deviation) or median (interquartile range) when appropriate. Each formant value of each vowel was included separately in the statistical analysis as some subjects had asymmetric impairments or a different type of impairment. The comparison between groups was made by t test for variables with distribution normal and Mann-Whitney test for variables with not normal distribution. The analysis of the vowel, in the same formant, was performed by the paired-samples t-test. Was used Statistical Analysis Package for Social Sciences<sup>18</sup> (SPSS, Version 18.0) and probabilities values less than 0.05 were considered significant.

## 3. RESULTS

Table 1 shows mean and standard deviation or median (interquartile range) of formants frequencies F1, F2, F3, and F4 (Hz) for the seven oral vowels in 16 female IGHD and 15 female controls. IGHD presents higher F1[i and e]  $p=0.029$  and  $p=0.036$ ; and F2[ɔ]  $p=0.006$ ; F4[ɔ],  $p=0.031$ ; and lower values of F4 [ε]  $p=0.002$  and F2 [i]  $p=0.004$ .

Table 2 presents mean and standard deviation or median (interquartile range) of formants frequencies of F1, F2, F3, and F4 (Hz) for the seven oral vowels in 17 male IGHD and 14 male controls. IGHD shows higher values of F3 [i, e and ε],  $p=0.006$ ,  $p=0.022$ , and  $p=0.006$ , respectively, and F4 [i],  $p=0.001$  and lower value of F2 [u]  $p=0.034$ .

We demonstrate values of F1, F2 (Hz) for the seven oral vowels in 16 IGHD female and 15 controls (Figure 1), and in 17 IGHD males with and 14 controls (Figure 2).

Figure 3 represents formant structure in IGHD compared with controls, of vowels with difference significant in 31 females and 31 males: F1 [i], F2 [i, u], F3 [i], F4 [i, ɔ].

Table 3 shows the influence of gender in values of F1, F2, F3, and F4 (Hz) for the seven oral vowels in 31 females and 31 males, separated in IGHD and controls. Male and female IGHD have similar values of formant frequencies, except for F1 [a, ɔ and ε]  $p<0.0001$ ,

$p=0.004$  and  $p=0.001$ , respectively. The difference F1 [ɔ] between males and females with IGHD is abolished in controls (Figure 4A and Figure 4B).

We found a reduced effect of aging on structure formant frequency in IGHD males and IGHD females (Tables 4 and 5). After 50 years of age, when compared with age-matched controls, IGHD men have lower values of F1 [i, ɔ]  $p=0.042$ ,  $p=0.040$ ; and IGHD women, higher values of F1 [ɛ]  $p=0.018$  (Figure 5A and Figure 5B).

The distinction of F1 [u-o] was not observed in IGHD males or females (Figure 6A and Figure 6B). F2 values are lower in back vowels than the ones of the front vowels in both genders, in IGHD and controls.

#### 4. DISCUSSION

Females with IGHD presents higher values of F1 [i, e] than controls, suggesting pharyngeal constriction<sup>19</sup>, confirming the signs of laryngeal constriction already reported in this cohort<sup>13</sup>. This F1 [i, e] pattern is associated with small pharyngeal cavity in normal people<sup>2</sup>, and to the high-pitched voice in female with severe dwarfism due to Laron syndrome, a model of similar degree of short stature caused by resistance to GH rather than GHD<sup>20</sup>. Interestingly, the probable pharyngeal constriction in females with IGHD is one of the mechanisms used by the female choral regents to the differentiation of the F1<sup>21</sup>.

On other hand the higher value of F2 [ɔ] seen in females suggests reduced anterior oral cavity<sup>22</sup>, in agreement with the already documented accentuated reduction of the length of the maxilla and mandible in IGHD<sup>11</sup>, also associated to higher  $f_0$ <sup>12</sup>. Healthy subjects show a negative correlation between  $f_0$  and maxillary and mandibular length in both genders<sup>6</sup>. Unfortunately, in this study, the authors did not analyze the formants structure, preventing a comparison with our IGHD formant data.

Higher values of F4 [ɔ] in females IGHD and F4 [ó] in males IGHD suggests narrowed laryngeal tube<sup>23, 24</sup>. The reduced value of F4 [ɛ] in females with IGHD probably reflect the fact that the vowel [ɛ] is less impacted by changes in vocal tract in Brazilian Portuguese<sup>25</sup>.

Lower values of F2 [u] in males IGHD and F2 [i] in Female IGHD suggests the relationship of the size of the oral cavity in vocal tract length, and of oral-pharyngeal elongation<sup>21</sup> and more comfortable production pattern in F2.

Males with IGHD presents higher values F3 [i, e, and ɛ] than controls suggesting a relationship between pharynx height and the oral cavity length<sup>26</sup>, similar to normal children at eight years of age<sup>27</sup>, whose average stature is equivalent to one of adults with IGHD<sup>10</sup>. This voice pattern may reflect the shape of the skull<sup>10</sup>, with reduced cephalic perimeter<sup>12</sup>, dimensions of maxilla and mandible<sup>11</sup>, and reduced growth in the posterior region of the vocal tract<sup>14, 28</sup>.

In adult IGHD, the formant structure of F2, F3 and F4 is similar in both genders, with lower values of F1 of low vowels [a, é, ɔ] in male IGHD making the acoustic prediction of the effect of gender to an adolescent with the age of 12 years old<sup>29</sup>. This may reflect the lower maxillary length<sup>11</sup>.

As expected, in controls we observed lower values in F1 [a, ɛ]; F2, F3 and F4 [i, e, and ɛ] in male than in female, the pattern of gender differentiating for normal speakers' of Brazilian Portuguese<sup>30</sup>. In general, the formant structure of controls of Itabaianinha demonstrates the dialectal variation, and the position of the vowel articulation the Brazilian population, and indicates the suitability of the method applied in this study.

IGHD males older than 50 years have lower values of F1 [i, o], suggesting a "mixed model" of vocal tract with aging, an interaction between resonance effects, laryngeal lowering, and vowel articulatory patterns<sup>31</sup>. IGHD females older than 50 years have higher values of F1 [ɛ], not exhibiting the menopausal vocal syndrome characterized by loss of the

high tones<sup>32</sup>. In both genders, it is plausible a protective role for presbyphonia, already reported with  $f_0$  in IGHD<sup>12</sup>, in opposite to the anticipation of presbiacusia reported in IGHD<sup>33</sup>.

The four formants are perceived in the tonal axis the ear<sup>34</sup>. The tube narrowed laryngeal increases the intensity of the harmonics in the higher region of the spectrum where hearing is most sensitive 2000-5000Hz<sup>35</sup>, suggesting in individuals with IGHD relationship of the higher formant with misophonia, and prevalence of mild sensor neural hearing loss in acute tones<sup>33</sup>.

We found the same vowel system of the adult population, less centralized in females than in males that have been reported in Southern Brazil<sup>36</sup>. We reported the F1 data that represent the phonetic distinctiveness of vowel height<sup>17</sup>. In IGHD, of both genders, there is no distinction between F1 of vowel high [u] and of mid high [o] suggesting again pharyngeal constriction<sup>19, 37</sup> and probable reduction in oral<sup>22</sup> and pharyngeal cavities<sup>2, 20</sup>.

Our findings suggest that the variables height<sup>10</sup>, cephalic perimeter<sup>10, 12</sup>, maxillary and vocal tract length<sup>11</sup> should contribute formants frequencies in IGHD, especially F1 in females, and F3 in males, both of front vowels [i, e, and ε]. These data suggest smaller oral and pharyngeal cavities, resulting in waves of frequencies faster cycles in less space, high  $f_0$ , and the higher formant structure.

## 5. CONCLUSIONS

IGHD exhibits higher formant frequency, suggesting shortening of vocal tract, especially of the oral, pharyngeal and laryngeal cavities. Lifetime lack of GH causes a reduction in the effect of gender on the structure of the formants, maintaining the acoustic prediction of adolescents. IGHD reduces the effect of aging on the formant structure.

## REFERENCES

1. Fant G. A note on vocal tract size factors and non-uniform F-pattern scalings. *Speech Transmission. Laboratory Quarterly Progress & Status Reports. Royal Institute of Technology, Stockholm*. 1975; 4: 22–30.
2. Titze IR. *Principles of Voice Production*. 2 ed. Iowa City: National Center for Voice and Speech, 2000.
3. Titze IR. *Principles of Voice Production*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall; 1994:169–190.
4. Fant G. *Acoustic theory of speech production*. The Hague: Mouton; 1960.
5. Vorperian HK. ; Kent RD, Gentry LR; Yandell BS. Magnetic resonance imaging procedures to study the concurrent anatomic development of vocal tract structures: preliminary results. *International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology*, 1999; 49(3): 197-206.
6. Macari AT, Karam IA., Tabri D, Saredidine D, Hamdan, AL. et al. Correlation between the Length and Sagittal Projection of the Upper and Lower Jaw and the Fundamental Frequency. *Journal of Voice*, 2013.
7. Oliveira V.L, Pinho S.M.R. Qualidade da voz e o trato vocal em indivíduos de face curta e face longa. In: *Tópicos em Voz*. Rio de Janeiro, Brasil: Guanabara-Koogan; 2001:81–88.
8. Salvatori R, Hayashida CY, Aguiar-Oliveira MH, et al. Familial dwarfism due to a novel mutation of the growth hormone-releasing hormone receptor gene. *J Clin Endocrinol Metab*. 1999; 84:917–923.
9. Aguiar-Oliveira M.H., Gill M.S., Barreto ES, et al. Effect of severe growth hormone (GH) deficiency due to a mutation in the GH-releasing hormone receptor on insulin-like growth factor (IGFs), IGF-binding proteins and ternary complex formation throughout life. *J Clin Endocrinol Metab*. 1999; 84:4118–4126.
10. Oliveira HA, Salvatori R, Kraus MP, Oliveira CRP, Silva PCR, Aguiar-Oliveira MH. Magnetic resonance imaging study of pituitary morphology in subjects homozygous and



- heterozygous for a null mutation of the GHRH receptor gene. *Eur J Endocrinol.* 2003; 148:427–432.
11. Oliveira-Neto LA, Melo MFB, Franco AA, et al. Cephalometric features in isolated growth hormone deficiency. *Angle Orthod.* 2011; 81(4): 578-583.
  12. Valença EHO, Souza AHO, Oliveira AHA et al. Voice Quality in Short Stature With and Without GH Deficiency. *Journal of Voice.* 2012; 26(5):673e13-673e19.
  13. Barreto VMP, Ávila JS, Sales NJ, Gonçalves MIR, Seabra JD, Salvatori R, Aguiar-Oliveira MH. Laryngeal and vocal evaluation in untreated growth hormone deficient adults. *Otolaryngology Head Neck Surg.* 2009; 140:37–42.
  14. Barreto ESAB, Gill MS, Freitas MES, Magalhães MMG, Souza AHO, Aguiar-Oliveira MH, et al. Serum leptin and body composition in children with familial GH deficiency (GHD) due to a mutation in the growth hormone-releasing hormone (GHRH) receptor. *Clin Endocrinol.* 1999; 51: 559-64.
  15. Pontes PAL, Vieira VP, Goncalves MIR, Pontes AL. Características das vozes roucas, ásperas e normais: análise acústica espectrográfica comparativa. *Rev. Bras Otorrinolaringol.* 2002; 68:182–188.
  16. Boersma P, Weenink D. Praat: doing phonetics by computer version 5.3.51 (1992–2013). Computer program available at: <http://www.praat.org>. Accessed June 8, 2013.
  17. Seara, IC, Nunez VG, Lazzarotto-Volcão C. Segmentos Vocálicos. In: Fonética e fonologia do português brasileiro: 2º período. Florianópolis: LLV/CCE/UFSC, 2011.p. 25-63.
  18. *PASW Statistics (release 18.0)*. Chicago, Illinois : IBM Corporation; 2010.
  19. Laver J. Phonetic evaluation of voice quality. In: Kent RD, Ball MJ. Voice quality measurement. San Diego: *Singular Thomson Learning*; 2000.p. 37-48.
  20. Laron Z, Kopchick JJ. Sexual development in patients with Laron Syndrome. In: *Laron syndrome-from Man to Mouse*. Berlin-Heidelberg: Springer-Verlag; 2011. p-104.
  21. Rehder MIBC, Behlau MS. Vocal profile of choir conductors in the State of São Paulo. *Revista CEFAC*, 2008; 10(2): 206-217.
  22. Pinho, SM R; Camargo, Z. Introdução à análise acústica da voz e da fala. In: PINHO, S. M. R.(org.) *Tópicos em voz*. Rio de Janeiro: Guanabara-Koogan; 2001 p. 19-44.
  23. Kent R, Read C. *The Acoustic Analysis of Speech*. Albany, NY: Singular/Thomson Learning. 2002.
  24. Borden GJ, Harris KS, Raphael LJ. Speech Science Primer. In: *Physiology Acoustics, and Perception of Speech*. 4 ed. Lippincott Williams & Wilkins, 2003.
  25. Gonçalves MIR, et al. Transfer function of Brazilian Portuguese oral vowels: a comparative acoustic analysis. *Brazilian Journal of otorhinolaryngology*, 2009; 75(5): 680-4.
  26. Vorperian, H K, Kent R D, Lindstrom M J, Kalina CM, Gentry, L. R; Yandell, B. S. Development of vocal tract length during childhood: A Magnetic Resonance Imaging Study. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 2005; 117(1):338–350.
  27. Lieberman DE, McCarthy RC, Hiiemae KM, Palmer JB. Ontogeny of postnatal hyoid and larynx descent in humans. *Archives of Oral Biology*, 2001; 46:117–128.
  28. Vorperian HK, Wang S, Schimek EM, Durtschi RB, Kent RD, Gentry LR, Chungbet MK . Developmental sexual dimorphism of the oral and pharyngeal portions of the vocal tract: An imaging study. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, v. 2011; 54(4):995-1010.
  29. Vorperian HK; Kent RD. Vowel Acoustic Space Development. In Children: A Synthesis Of Acoustic And Anatomic Data. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 2007; 50(6):1510-1545.
  30. Escudero P, Boersma P, Rauber AS, Bion RAH. A cross-dialect acoustic description of vowels: Brazilian and European Portuguese. *J. Acoustic. Soc. Am.* 2009; 126(3):1370-1379.

31. Linville S, Rens J. Vocal tract resonance analysis of aging voice using long-term average spectra. *Journal of Voice*, 2001; 15(3):323-330.
32. Abitbol J, Abitbol P, Abitbol B. "Sex Hormones and the Female Voice," *Journal of Voice* 1999, 13(3): 424-446.
33. Prado-Barreto VM, Salvatori R, Santos Junior RC, Brandao-Martins MB, Correa EA., Garcez FB, Valença EHO et al.. Hearing Status in Adult Individuals with Lifetime, Untreated Isolated Growth Hormone Deficiency. *Otolaryngology-Head and Neck Surgery*, 2014; 150(3):464-71.
34. Leclerc I; Dajani HR.; Giguère C. Differences in Shimmer Across Formant Regions. *Journal of Voice*, v. 27, n. 6, p. 685-690, 2013.
35. Titze IR. Acoustic interpretation of resonant voice. *Journal of Voice*, 2001; 15(4): 519-528.
36. Rauber AS. An acoustic description of Brazilian Portuguese oral vowels. *Diacrítica, Ciências da Linguagem*, 2008; 22(1): 229-238.
37. Lima MFB; Camargo ZA; Ferreira LP; Madureira S. Qualidade vocal e formantes das vogais de falantes adultos da cidade de João Pessoa. *Revista CEFAC*, 2007; 9(1): 99-109.

## APÊNDICE D

Dados Individuais: Grupo DIGH. Número 1 a 17 Homens  
Primeiro e segundo formantes das sete vogais orais do português brasileiro.

Iniciais	Idade	Estatura	F1a	F1ó	F1é	F1ô	F1ê	F1u	F1i	F2a	F2ó	F2é	F2ô	F2ê	F2u	F2i	
1	LBS	19	128	819,51	641,96	614,13	419,05	528,00	472,06	423,52	1545,83	1105,64	1218,80	1407,20	1476,41	835,55	2403,77
2	WJS	23	135	854,02	599,38	613,79	427,07	476,13	425,74	384,07	1478,90	1015,70	1613,43	876,77	1458,12	869,89	2878,79
3	JJCS	23	135	818,05	717,62	694,12	481,23	919,91	481,01	540,59	1444,45	1566,88	2239,89	1418,96	1919,43	1454,45	1649,18
4	CDTJ	25	129	918,76	691,20	685,45	491,25	420,30	443,39	477,63	1550,28	1191,19	1071,51	994,23	2040,94	1375,21	2100,41
5	CTJ	27	133	736,93	567,52	598,25	429,58	429,64	303,49	386,49	1451,83	1127,11	1928,19	1000,55	2255,41	883,25	2463,03
6	JEJS	31	129	830,82	572,89	635,03	457,38	477,04	446,76	400,54	1460,61	1117,23	1726,90	1414,02	1457,28	1421,46	2372,69
7	JBJS	33	136	837,00	686,15	621,77	636,12	573,47	697,06	401,97	1811,83	1770,20	1765,10	910,12	1757,05	1200,49	2719,36
8	AEJS	34	136	585,37	449,48	476,79	419,73	350,61	416,39	344,05	1481,06	1025,89	2399,37	839,02	2266,66	813,68	2733,75
9	JTJS	35	128	835,10	659,75	619,96	442,57	496,10	401,14	392,09	1634,13	1187,47	2100,10	1370,71	1543,81	1498,28	1334,79
10	NJS	47	128	770,62	618,41	634,59	518,85	409,97	506,56	660,92	1356,26	1214,80	1878,31	1572,00	1926,15	1533,84	2474,83
11	JAN	48	136	788,89	561,39	523,48	407,09	407,62	437,72	1064,19	1388,62	921,70	1960,20	973,01	2042,66	909,77	1839,02
12	JC	48	130	921,29	731,14	720,11	539,57	562,53	501,11	332,10	1735,14	1828,24	2132,47	1624,40	1853,95	908,30	2753,34
13	JPN	54	120	767,73	534,33	561,61	447,85	378,97	413,53	338,49	1383,37	915,60	2028,40	966,69	2551,91	874,97	2977,29
14	VMF	55	123	657,95	571,78	584,84	424,05	385,66	379,42	400,62	1259,21	1202,11	2079,80	1008,99	2485,56	927,58	2372,53
15	JEN	61	128	908,18	695,12	612,69	364,13	364,13	442,45	357,42	1547,83	2125,72	1440,24	2263,96	2263,96	1676,00	1774,41
16	JNC	63	122	728,60	539,18	540,56	432,89	422,51	355,46	327,63	1734,97	1151,29	2226,38	991,92	2880,85	872,60	2918,85
17	JFSD	88	123	923,52	727,65	740,68	597,39	564,47	900,58	309,82	1793,43	1369,55	2392,28	1221,93	1696,95	1851,59	1214,04
18	JAM	23	117	1035,26	671,17	658,48	488,84	507,14	493,15	440,99	1887,99	1245,90	1912,56	986,23	2892,46	995,60	1831,80
19	EFL	27	126	927,53	826,47	799,04	484,99	457,24	405,94	465,53	1841,87	1439,25	2283,27	977,30	1093,87	803,12	3081,36
20	AFS	28	116	1010,0	746,27	744,80	517,55	517,91	494,56	328,38	1808,24	1241,34	2582,39	1065,79	1304,73	760,57	1947,85
21	ELFL	30	120	1156,7	769,62	738,51	410,77	499,47	408,89	465,50	1566,67	1451,60	1545,26	936,60	2670,40	924,09	2920,50
22	MFS N	30	120	958,69	569,15	525,59	425,87	483,07	390,10	403,25	1950,73	1206,41	735,02	957,67	2625,88	876,14	1563,04
23	MNN	39	123	1139,48	745,37	746,49	582,10	488,81	514,52	454,50	1262,99	1309,98	2509,16	1504,46	2160,81	1132,57	1498,17
24	JS	44	121	1067,0	722,86	738,19	520,53	585,99	554,35	545,04	1679,48	1234,13	2215,87	1083,35	2346,88	972,02	2495,65
25	MHC N	50	122	930,28	525,59	619,50	385,69	417,65	385,72	308,37	1731,62	735,02	1599,02	883,22	2727,60	1090,26	3072,80
26	MJN	51	124	1046,5	763,83	833,84	640,63	468,23	626,66	672,53	1477,17	1651,33	2095,37	1540,87	2544,32	1436,21	2092,92
27	JFJ	52	112	881,16	555,57	547,32	487,52	457,94	383,50	415,36	1656,15	1024,52	1784,68	1010,67	958,31	1512,04	1993,05
28	JNC	55	108	963,70	710,62	766,37	433,23	731,95	430,96	422,22	1650,61	1147,35	2857,51	860,06	2857,69	880,88	1400,48
29	MCJF	56	107	1173,78	823,09	808,64	679,05	692,01	713,33	617,96	1233,94	1274,73	2016,35	1361,12	1628,78	1578,92	1283,52
30	MJM M	58	121	831,88	758,78	724,10	468,25	455,57	532,11	438,72	1181,02	1315,72	2105,00	1251,66	1021,61	902,17	1549,79
31	BNC	68	112	1040,6	744,71	646,74	463,73	481,31	472,76	434,31	1797,08	1318,41	1155,93	1020,78	1239,50	1566,07	1411,69
32	JFD	70	116	478,70	834,06	746,96	461,51	462,42	418,73	400,05	1342,06	1370,53	779,25	886,61	1056,57	861,74	1048,57
33	AME	76	115	885,06	690,82	789,47	567,72	595,21	419,78	450,71	1630,18	1205,40	1800,39	1155,56	2530,59	1067,10	1996,86

## APÊNDICE E

Dados Individuais: Grupo Controle. Número 1 a 14 Homens  
Primeiro e segundo formantes das sete vogais orais do português brasileiro.

Iniciais	Idade	Estatura		F1a	F1ó	F1é	F1ô	F1ê	F1u	F1i	F2a	F2ó	F2é	F2ô	F2ê	F2u	F2i
1	JLSM	21	178	793,58	617,91	569,11	533,35	259,95	520,71	347,29	1380,41	1652,10	1908,51	1628,57	2022,05	1509,52	2102,37
2	MCD	24	175	625,02	424,22	432,93	325,63	342,02	177,84	247,71	1003,32	897,52	1575,48	790,12	1793,94	1609,72	2079,71
3	ASLA	24	179	838,75	609,33	628,89	447,98	405,92	449,72	273,31	1869,78	1779,80	1952,58	1389,12	2318,72	1348,41	2346,04
4	JDC	37	174	686,81	552,73	484,49	417,55	318,80	329,64	337,43	1226,28	1005,57	1677,30	1195,50	1886,33	1027,03	1894,46
5	JBS	38	172	621,60	722,94	466,38	633,32	487,04	589,52	241,43	1098,69	2501,70	1869,14	1896,40	1495,97	2476,82	2284,76
6	JGAS	48	170	798,02	574,26	491,52	340,14	404,44	406,68	274,99	2495,23	823,07	1949,88	747,06	2141,76	1903,07	2355,45
7	ONS	58	161	802,57	708,89	513,88	501,37	403,55	488,71	568,77	1244,46	846,09	1933,25	1494,65	2198,90	1491,64	1780,60
8	NJS	58	160	759,22	595,42	616,73	547,87	508,92	489,41	568,78	2142,39	1723,13	1617,63	1581,65	1702,71	1492,36	1780,59
9	PS	68	154	899,44	734,48	719,64	464,55	465,36	395,41	428,25	1075,87	1585,63	1988,89	1419,51	1444,92	1228,07	1387,82
10	ES	68	156	660,47	581,87	570,81	449,25	464,16	560,73	458,01	1122,83	1489,45	1280,49	1361,66	1512,59	652,45	1518,83
11	BS	70	159	419,37	492,97	509,70	472,17	509,92	371,47	345,06	989,67	1253,48	1808,80	966,08	1668,20	814,13	1782,45
12	JPS	73	164	844,31	871,83	614,43	838,21	504,35	670,43	427,69	1666,71	1909,95	1758,11	2042,15	1519,67	1932,80	2161,11
13	JBC	80	157	880,03	755,07	639,56	509,32	511,60	306,57	309,17	1898,04	2052,76	2173,80	1520,71	1942,59	1461,22	2216,35
14	DAP	83	154	720,51	710,28	664,18	669,36	550,23	633,02	476,82	1434,71	1461,86	1744,00	992,18	1729,66	2258,19	2009,45
15	ENA	22,	158	892,37	810,02	865,10	654,14	643,57	458,23	445,34	1784,44	1193,87	2154,45	1305,71	2153,47	936,36	2539,98
16	KZJ	27	163,	1011,69	573,13	669,39	399,47	318,06	350,47	280,67	1491,68	1225,34	2102,68	886,08	2720,53	2618,07	2771,21
17	DMS	30	154	1043,62	604,58	707,54	375,58	507,35	427,72	386,41	1676,10	1212,98	2119,08	882,85	2193,77	1955,85	2400,72
18	CBS	40	165	1143,38	715,18	820,16	504,53	470,73	600,28	260,65	1732,58	1184,72	2256,58	1383,02	484,04	1378,22	1998,00
19	ESS	43	155	809,77	568,25	499,29	452,05	413,98	383,31	339,59	1495,32	1076,51	1963,46	982,21	2446,98	879,96	2612,48
20	JPN	47	155	1014,84	992,80	680,87	538,44	412,71	336,71	427,89	1717,06	1139,08	2275,85	1635,54	2327,13	802,54	2601,63
21	MSJ	48	167	719,54	526,14	630,11	644,84	445,22	382,13	420,79	1595,12	1102,40	2428,23	1205,03	2378,37	860,66	2793,91
22	JTJ	54	147	862,55	871,89	581,47	309,51	399,19	342,70	283,53	1490,21	1232,03	2238,68	720,24	2626,24	700,21	2481,85
23	OFJ	56	148	1090,35	621,94	635,03	432,39	523,55	473,90	404,78	1697,16	1181,40	2490,97	965,75	2761,34	753,45	3027,87
24	MSHJ	58	149	798,21	575,89	605,94	371,50	439,89	344,92	427,60	1425,22	859,51	2108,92	766,42	2483,98	1632,50	2770,26
25	VLBS	60	157	867,76	727,08	638,59	576,92	381,42	428,64	289,53	1323,16	1155,48	2220,14	1041,98	2498,85	874,70	2623,39
26	IFJ	61	156	632,55	665,40	667,52	679,11	468,65	462,63	445,34	1359,44	1069,29	2504,87	2116,30	2681,89	1314,06	2540,04
27	JMCS	61	156	875,49	643,64	663,06	427,03	449,02	431,80	359,67	1533,21	977,91	1263,64	834,93	2627,02	726,47	2555,51
28	MPSS	61	147	793,43	576,36	503,14	456,72	493,13	444,77	336,39	1339,30	946,89	1900,13	801,15	2393,99	719,07	2372,56
29	MJJ	64	151	846,82	706,50	665,84	534,97	473,59	471,26	589,92	1676,04	1432,15	2249,37	1760,76	2423,02	1458,69	1776,82

## APÊNDICE F

Dados Individuais: Grupo DIGH. Número 1 a 17 Homens  
Terceiro e quarto formantes das sete vogais orais do português brasileiro.

	F3a	F3ó	F3ê	F3ó	F3ê	F3u	F3i	F4a	F4ó	F4ê	F4ó	F4ê	F4u	F4i
1	2781,38	2522,33	2709,61	3154,32	3015,79	2959,93	3427,09	4027,41	4055,58	3758,89	4482,63	3711,15	4092,78	4252,46
2	2991,49	3226,00	2527,42	3253,89	2524,11	3233,69	3655,25	4578,10	4078,21	3728,51	4661,23	3685,02	4664,37	4499,66
3	2532,23	2581,22	3666,06	2433,71	2961,63	2435,06	2806,93	3475,71	3953,06	4715,71	3643,14	4086,15	3453,35	3929,57
4	3568,55	3237,78	2465,46	2833,32	2720,92	2519,20	3047,44	4641,40	4761,06	3947,57	4151,57	3364,08	3531,29	3770,36
5	2923,53	3010,94	3144,91	3013,34	3039,51	2910,59	3314,70	3749,70	3795,33	3771,41	3678,61	3754,50	3780,56	3952,21
6	2873,31	2674,23	2906,06	2379,08	2493,46	2374,10	3569,34	4184,45	3686,47	3740,66	3045,58	3653,43	3335,95	4124,12
7	3577,85	2972,83	2750,22	3328,87	3092,52	3146,86	2822,81	4089,88	3611,51	3753,46	3788,08	4238,37	3747,62	3374,53
8	3250,72	3039,47	3300,99	3179,64	3133,33	2957,05	3495,28	4282,24	4195,48	4342,79	4494,04	3869,89	4091,51	4257,69
9	3233,35	2637,86	2887,69	2576,83	2723,42	2625,74	2866,48	4275,38	3999,44	3653,91	3878,92	3392,57	3911,79	3952,87
10	2984,95	2680,95	3086,24	2625,10	2720,74	2583,58	3048,91	3600,85	3971,03	3331,95	3687,84	3588,44	3671,13	3734,91
11	2668,16	2767,73	2324,55	2426,77	2941,71	2470,10	3400,54	3640,16	3717,32	3465,50	3371,74	3462,44	3465,78	4197,95
12	3420,37	2802,90	3340,27	2712,80	2891,84	2774,20	3409,06	4098,68	4167,46	4345,08	3807,80	3766,67	3957,56	4052,78
13	2742,81	3019,28	3206,63	2414,15	3010,60	2363,96	3213,88	3079,46	3282,03	4643,16	3258,29	4181,54	3388,41	3982,71
14	2872,83	3090,07	3244,62	2833,45	3579,87	2610,77	3569,24	3100,05	3281,31	4370,80	3749,03	4529,73	3642,17	4124,10
15	2938,63	3447,71	2431,76	2923,85	2923,85	2921,32	2865,63	4086,03	4458,99	3776,11	4261,50	4261,50	4387,93	4201,44
16	2860,36	2685,63	3169,81	3290,40	3420,24	2677,80	3376,83	3603,99	3620,42	3899,40	3519,84	4724,17	3738,83	4947,86
17	3060,45	2834,72	3091,23	2255,25	2558,26	3350,01	2964,78	4263,64	3918,57	3977,97	3534,34	3882,44	4079,27	4022,22
18	3560,23	3496,03	2328,11	3617,94	3786,02	3607,09	3127,88	3969,74	4582,82	3839,13	4498,18	4991,58	4556,45	3726,12
19	2376,90	2518,02	2742,03	3596,92	2679,22	3288,13	3709,73	3968,78	3851,85	3717,85	4524,99	3582,11	4589,02	4959,16
20	3728,04	2593,43	3598,96	2620,45	2809,92	3169,43	3134,52	4486,15	4372,16	3673,57	3487,01	3746,39	4369,25	3733,84
21	1983,01	1496,88	2920,14	2517,73	3361,07	2740,02	3697,40	4012,73	3779,89	3475,19	3506,11	4641,31	3978,28	4125,78
22	3738,65	1788,26	3240,42	2132,19	3341,36	2632,57	2957,57	4300,31	3756,61	3665,25	3495,64	4677,84	3472,71	3774,09
23	2241,35	3228,56	3354,76	3120,88	3264,18	3089,75	3355,96	3323,42	3348,53	3974,73	4066,20	4148,94	3784,80	4131,39
24	3043,30	2964,87	3152,43	2996,18	2993,25	2892,29	3082,15	3696,80	3549,05	4352,94	4107,74	3269,88	4121,81	4000,20
25	3864,60	3240,42	2463,10	3448,63	3489,65	2544,38	3835,95	4463,86	3665,25	3650,77	4340,05	4713,96	4030,45	4831,48
26	2715,88	2978,67	2846,02	2139,93	2620,55	2398,87	3407,08	3443,10	3935,02	3930,27	3623,60	3503,85	3612,10	4541,91
27	2635,34	3141,08	2776,93	2430,04	2685,50	2572,47	3353,75	3388,55	4031,94	3630,15	3709,16	3590,88	3885,26	4302,41
28	2523,63	3321,40	3295,57	2497,70	3447,33	2836,58	3097,40	3919,73	3653,01	4232,75	3970,11	4614,37	3752,11	3593,10
29	1807,94	2395,50	3128,33	2296,32	3231,51	3968,55	3318,51	3818,34	4045,42	4484,49	3683,66	4419,03	5017,67	4631,94
30	1901,48	3329,21	2874,44	2494,92	2669,49	3330,80	2754,71	3496,24	4388,20	3952,72	3612,11	3547,21	4132,92	3822,16
31	3593,88	3309,53	2828,45	2680,70	2743,81	2557,51	2718,23	4624,24	4394,05	3466,14	3599,03	3600,67	3740,41	3854,91
32	1991,52	3900,20	2850,39	2459,67	3371,08	1577,66	2471,88	3859,23	3977,22	3234,23	3607,30	3835,30	3705,01	3632,96
33	2728,16	3004,99	2404,65	2970,63	2804,50	2715,28	3269,31	3587,71	3458,80	3598,82	3532,83	3604,71	3414,29	4024,43

## APÊNDICE G

Dados Individuais: Grupo Controle. Número 1 a 14 Homens  
Terceiro e Quarto formantes das sete vogais orais do português brasileiro.

	F3a	F3b	F3c	F3d	F3e	F3u	F3i	F4a	F4b	F4c	F4d	F4e	F4u	F4i
1	3055,01	2846,86	2816,59	2889,12	2752,12	3188,26	3084,57	3436,70	3269,71	3610,09	3788,87	3465,26	4251,77	4089,58
2	2613,35	2364,82	2081,75	2745,98	2296,31	2753,47	2598,69	3523,41	3126,42	3454,78	3731,13	3368,41	3614,19	3194,01
3	2592,91	2718,15	2669,62	2815,17	3050,28	2859,67	3061,31	3738,11	3705,90	3756,45	3534,30	3722,84	3714,58	3726,06
4	2506,90	2226,48	2447,72	2741,48	2605,28	2402,69	2539,92	3699,18	3556,05	3909,43	3578,41	3576,78	3754,70	3685,01
5	2245,09	3418,85	2771,58	2858,46	2606,60	3841,94	3381,12	3453,01	4521,28	3783,12	3716,24	3692,41	4620,90	3737,08
6	3648,66	2597,88	2418,73	2608,48	2532,34	2815,72	2782,43	4713,71	3562,32	3811,84	3568,88	3747,54	4325,72	3738,62
7	3190,11	2411,60	2736,81	2603,96	3012,79	2529,64	2998,58	3264,15	3695,16	3734,83	3370,18	4295,45	3705,26	3661,92
8	3061,20	2648,43	2708,17	2619,82	2738,69	2522,69	2998,63	4496,74	3759,40	3770,20	3721,24	3746,38	3649,87	3661,88
9	2413,76	2004,52	3004,89	2476,97	2885,96	2338,26	3090,34	3659,50	3370,99	3845,16	3668,57	3930,69	3460,89	3890,50
10	3217,99	3121,93	2603,15	2360,16	2438,42	2077,76	2740,37	4037,30	4263,46	3734,46	3409,64	3409,34	3325,72	3825,05
11	2622,46	2165,51	2758,43	2901,07	2684,86	3010,90	2913,15	3944,23	3804,12	3860,09	3594,81	3697,38	3926,50	3888,77
12	2158,69	3162,72	2245,46	3276,15	2540,23	3135,70	2926,24	3415,09	4895,89	3505,80	4283,66	3584,81	3775,24	3774,23
13	2800,23	2742,03	2501,76	2490,12	2900,14	2704,97	2958,06	4118,48	3162,16	3724,84	3510,95	3949,03	3615,60	3565,79
14	2610,06	2803,41	2753,50	2377,18	2720,09	3485,04	3171,09	3778,75	3696,68	3942,46	3497,46	3845,18	4617,13	4052,49
15	2564,14	2850,57	3093,16	2806,99	2814,03	2721,44	2588,86	3032,18	3930,89	4403,80	3553,37	3174,17	4083,97	3118,36
16	2590,04	2960,85	3030,72	1956,32	3100,96	3059,04	3328,26	4288,94	3721,45	4060,04	3358,99	4686,24	3167,81	4689,25
17	2922,04	2966,31	3031,89	2968,60	3170,02	3124,25	3090,95	4263,54	3663,10	4098,99	3390,22	4140,08	4429,41	3990,58
18	3063,09	2195,00	3141,44	2090,75	2657,92	2137,70	3008,22	4071,36	3631,37	4765,12	3986,51	3253,23	3437,76	4132,88
19	2847,65	2947,62	3079,40	2887,18	3012,59	3004,81	3089,01	4157,39	3617,02	4122,85	3632,07	3093,91	3698,18	4055,17
20	3124,27	2764,96	2786,28	2648,91	2943,33	3230,78	3431,62	3783,76	3430,61	4039,00	3450,17	4194,44	4114,07	4487,03
21	2998,49	2935,24	3133,54	3179,04	2984,01	3123,33	3187,76	3888,39	3380,42	4467,74	4283,85	4477,60	3571,35	4586,87
22	2765,80	2698,18	3090,79	2521,46	3048,85	2791,41	3230,88	4084,81	3490,99	3798,26	3822,96	4076,50	3869,60	4004,49
23	2975,20	3096,82	3203,80	3123,83	3284,12	2582,92	3694,41	3616,49	3881,20	4160,79	3932,67	3894,95	3796,14	4239,11
24	3035,68	2753,97	3013,93	2610,50	3299,28	3332,49	3572,27	4137,69	4032,77	4038,53	3654,82	4221,84	3953,75	4247,07
25	2835,41	2906,95	2880,71	2919,69	2979,20	2970,66	3056,82	3720,87	3480,51	4147,16	3745,74	4290,84	3869,99	4245,25
26	2386,92	2726,34	3122,71	2972,11	3000,20	2753,03	2588,86	3684,27	3999,03	4583,57	3640,09	4729,41	3849,00	3118,35
27	2294,33	2558,20	2211,84	2761,21	3242,85	2685,84	2833,03	3016,94	3460,73	3828,98	3642,22	4098,04	3944,90	4028,01
28	3057,24	2949,15	2920,18	2884,56	2960,87	2918,20	3154,67	3913,22	3620,72	3971,53	3744,50	4189,09	3838,33	4358,61
29	3274,54	3143,55	3203,41	2964,25	3304,07	2707,99	2680,21	4023,08	3853,40	4265,98	3558,20	4267,27	4036,75	3690,33