



**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”**

Faculdade de Filosofia e Ciências - Câmpus de Marília

ALANA DE SOUZA PAULA

**FREQUÊNCIA FUNDAMENTAL E FORMANTES
DAS VOGAIS ORAIS [a], [i] e [u]
EM FALANTES DO PORTUGUÊS BRASILEIRO AO LONGO DA VIDA**

MARÍLIA 2025

ALANA DE SOUZA PAULA

**FREQUÊNCIA FUNDAMENTAL E FORMANTES
DAS VOGAIS ORAIS [a], [i] e [u]
EM FALANTES DO PORTUGUÊS BRASILEIRO AO LONGO DA VIDA**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências da Saúde e Comunicação Humana como parte das exigências para a obtenção do título de Doutora em Ciências da Saúde e Comunicação Humana pela Faculdade de Filosofia e Ciências, Universidade Estadual Paulista (UNESP), Campus de Marília.

Área de concentração: Distúrbios da Comunicação Humana

Orientadora: Profa. Dra. Viviane Cristina de Castro Marino

MARÍLIA

2025

P324f Paula, Alana de Souza
Frequência fundamental e formantes das vogais orais [a], [i] e [u] em falantes do português brasileiro ao longo da vida / Alana de Souza Paula. -- Marília, 2025
171 p. : il., tabs.

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Filosofia e Ciências, Marília
Orientadora: Profa. Dra. Viviane Cristina de Castro Marino

1. Análise acústica. 2. Espectrografia. 3. Voz. 4. Fala. 5. Criança, adolescente, adulto, idoso. I. Título.

IMPACTO POTENCIAL DESTA PESQUISA

(Portaria UNESP nº 117/2022 e Instrução AT/PROPG nº 02 de 02/12/2022)

O desenvolvimento desta pesquisa possibilitou o estabelecimento de valores de referência das medidas acústicas - frequência fundamental (f_0) e formantes (F1, F2, F3) - das vogais orais [a], [i] e [u] para falantes típicos do português brasileiro ao longo da vida, de 5 a 93 anos, em tarefa de fala. O estudo também permitiu verificar se a idade e o sexo desses falantes influenciam nessas medidas acústicas. A relevância da obtenção das medidas decorre da possibilidade de inferir sobre os padrões vibratórios das pregas vocais, bem como a conformação do trato vocal de homens e mulheres em diferentes faixas etárias durante a produção dessas vogais. Considerando que, da infância à terceira idade, a voz e fala humana passam por mudanças que podem ser identificadas por meio da análise acústica, é fundamental obter valores de referência de parâmetros acústicos ao longo da vida, para falantes de uma determinada língua. Ao propor o estabelecimento de tais valores para falantes do português brasileiro, em ampla faixa etária, este estudo contribui para a compreensão das transformações anatomofisiológicas e articulatórias que ocorrem ao longo da vida e que impactam a produção da voz e da fala. A identificação dos parâmetros acústicos em indivíduos saudáveis, em diferentes idades, viabiliza a comparação com dados de indivíduos que apresentam alterações na produção da voz e da fala. Tais comparações podem auxiliar o clínico na identificação precoce dessas alterações, permitindo diferenciar entre padrões típicos e atípicos com base em valores normativos previamente estabelecidos. Além disso, os parâmetros acústicos definidos neste estudo poderão subsidiar o monitoramento de intervenções terapêuticas voltadas à voz e a fala, considerando as necessidades específicas de cada fase dos diferentes ciclos da vida. Os resultados deste estudo oferecem contribuição relevante para a prática clínica e enriquecem o campo da pesquisa científica, *forense* e de análise automática da fala, ao fornecer dados inéditos sobre um conjunto de parâmetros acústicos da voz e da fala de falantes do português brasileiro ao longo da vida.

POTENTIAL IMPACT OF THIS RESEARCH

(Portaria UNESP nº 117/2022 e Instrução AT/PROPG nº 02 de 02/12/2022)

The present study contributed to the establishment of reference values for key acoustic measures – fundamental frequency (f_0) and formants ($F1, F2, F3$) – for the oral vowels [a], [i] and [u], produced by typical Brazilian-Portuguese speakers aged 5 to 93 years in a controlled speech task. It also assessed whether age and sex influence these acoustic measures. Establishing such values is relevant because they allow inferences about vocal-fold vibratory patterns and vocal-tract configuration in males and females across the lifespan during vowel production. Since human voice and speech undergo measurable changes from childhood through older adulthood, that can be detected through acoustic analysis, it is essential to establish reference values for acoustic parameters across the lifespan for speakers of a given language. By providing these benchmarks for Brazilian Portuguese over a wide age range, the study sheds light on the anatomophysiological and articulatory changes that shape voice and speech. The acoustic profiling of healthy individuals at different ages enables comparison with data from speakers with vocal disorders, supporting the early clinical identification of typical and atypical patterns based on previously established normative values. Moreover, the parameters determined by this study can guide the monitoring of therapeutic interventions for voice and speech, tailored to the specific needs of each stage of life. The results of this study offer a relevant contribution to clinical practice and enrich the fields of scientific research, forensic analysis, and automatic speech processing by providing novel data on a set of acoustic parameters of voice and speech in Brazilian Portuguese speakers across the lifespan.

**FREQUÊNCIA FUNDAMENTAL E FORMANTES
DAS VOGAIS ORAIS [a], [i] e [u]
EM FALANTES DO PORTUGUÊS BRASILEIRO AO LONGO DA VIDA**

Tese apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ciências da Saúde e Comunicação Humana como requisito parcial para a obtenção do título de Doutora em Ciências da Saúde e Comunicação Humana da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP),

Área de concentração: Distúrbios da Comunicação Humana
Linha de Pesquisa: Prevenção, avaliação e terapia em Fonoaudiologia

BANCA DE DEFESA

Orientador: _____
Profa. Dra. Viviane Cristina de Castro Marino. Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Filosofia e Ciências - Campus Marília

1º Examinador: _____
Profa. Dra. Luciana Lessa Rodrigues. Georgia State University, USA. College of Arts e Sciences – Department of Communication

2º Examinador: _____
Profa. Dra. Leslie Piccolotto Ferreira – Pontifícia Universidade Católica de São Paulo - Faculdade de Fonoaudiologia

3º Examinador: _____
Profa. Dra. Geovana Carina Neris Soncin Santos. Universidade Estadual Paulista Faculdade de Filosofia e Ciências - Campus Marília

1º Suplente: _____
Profa. Dra. Eliana Maria Gradim Fabronn - Universidade Estadual Paulista Faculdade de Filosofia e Ciências - Campus Marília

2º Suplente: _____
Profa Dra Aveliny Mantovan Lima - Universidade de Brasília – Campus Ceilândia.

Marília, 27 de junho de 2025

DEDICATÓRIA

Dedico este estudo às pessoas que contribuíram para que eu me tornasse quem sou, que me amaram e me amam incondicionalmente, e a quem eu mais amo: meus pais e minhas filhas.

Aos meus pais, **Irma** (*in memoriam*) e **Leonardo** (*in memoriam*), meu profundo agradecimento por me darem a vida, todas as oportunidades ao seu alcance e por estarem presentes nos momentos mais significantes da minha infância, adolescência e início da vida adulta. Tenho certeza de que estariam vibrando orgulhosos por minha conquista, como sempre fizeram. **Amor eterno!**

Às minhas filhas, **Ananda** e **Bianca**, que desejei e assumi como meu maior objetivo de vida; vocês sempre foram minha maior motivação. Meu retorno à universidade foi movido pela necessidade de, como mãe, ser para vocês um exemplo positivo em todos os momentos da minha vida. Sou grata por todo amor, compreensão, paciência e por entenderem minha ausência ao longo deste período, especialmente nos fins de semana. Obrigada por serem minhas filhas. **Amo vocês profundamente!**

AGRADECIMENTOS

Ao **Programa de Pós-Graduação em Ciências da Saúde e Comunicação Humana** da UNESP - Marília, por todo acolhimento e suporte oferecido.

À minha orientadora, **Profa. Dra. Viviane Cristina de Castro Marino**, registro meus mais sinceros agradecimentos pela generosidade e confiança ao disponibilizar o banco de dados das vozes coletadas ao longo de sua trajetória como docente. Sou grata por sua dedicação e por disponibilizar seu tempo, um recurso tão valioso, além de confiar em mim ao me aceitar como sua orientanda para a realização deste estudo. Como ela disse quando nos conhecemos: *“Nada é por acaso”*. **Meu muito obrigada!**

Às professoras **Dra. Luciana Lessa Rodrigues**, **Dra. Geovana Carina Neris Soncin Santos** e **Dra. Leslie Piccolotto Ferreira**, pelo aceite em compor a banca para defesa deste estudo como membros titulares, bem como às professoras, **Dra. Eliana Maria Gradim Fabronn** e **Dra. Aveliny Mantovan Lima**, pelo aceite em compor esta banca como membros suplentes. Obrigada pela leitura atenta e pelas sugestões, que com certeza, enriqueceram este estudo.

À professora **Dra. Luciana Lessa Rodrigues**, que, apesar da diferença de fuso horário, foi extremamente paciente ao me treinar para a segmentação, etiquetagem e extração meticulosa das medidas das frequências na fase inicial deste estudo. Suas orientações foram indispensáveis, e nossas reuniões foram sempre ótimas. Minha gratidão por todo o apoio e dedicação!

À professora **Dra. Leslie Piccolotto Ferreira**, agradeço por compartilhar seu conhecimento nos GTs de Voz, por aceitar fazer parte da minha banca de mestrado e, agora, do estudo de doutorado. Minhas lembranças são de um sorriso largo percorrendo os corredores da universidade, inspirando os alunos e permitindo-se inspirar por eles. Admiração e gratidão por marcar minha trajetória!

À professora, **Dra. Aveliny Mantovan Lima**, por sua generosidade em compartilhar conhecimento durante longas reuniões. Sua atuação e expertise como juíza em análise acústica da fala foram essenciais para o desenvolvimento deste estudo. Minha gratidão!

AGRADECIMENTOS

À fonoaudióloga **Dra. Evelyn Spazzapan**, colega do Laboratório de Análise Acústica- LAAC-UNESP/Marília, pelo suporte e pronta resposta de auxílio sempre que necessitada. Muito obrigada pela generosidade.

À doutoranda **Rita dos Santos de Carvalho Picinnini**, amiga que este doutorado me trouxe. Pelas conversas e pelo apoio. Foi uma alegria te conhecer. Gratidão por nosso encontro e por nossa amizade!

Aos **professores do Programa de Pós-graduação em Fonoaudiologia**, por toda divisão de conhecimento ao longo da minha pós-graduação.

Por fim, a **todos** os que colaboraram para a realização deste estudo. Obrigada!

RESUMO

Introdução: Da infância à terceira idade, a voz e a fala passam por mudanças significativas. As modificações nos padrões vibratórios das pregas vocais e na configuração do trato vocal, que ocorrem ao longo da vida, podem ser inferidas por meio da análise acústica. No entanto, não há dados sobre os valores de referência da frequência fundamental e dos formantes ao longo da vida para a população brasileira.

Objetivo: Estabelecer valores de referência para a frequência fundamental (f_0) e formantes (F1, F2, F3) das vogais orais [a], [i] e [u] em falantes do português brasileiro (PB) ao longo da vida, e verificar se a idade e o sexo afetam esses parâmetros acústicos. **Metodologia:** Foram analisadas a f_0 e os formantes das vogais orais [a], [i] e [u] produzidas por 282 sujeitos vocalmente saudáveis, de ambos os sexos, com idades de 5 a 93 anos, organizados em sete grupos etários: 5 a 7 anos (crianças); 13 a 15 (adolescentes); 19 a 29 (adultos jovens); 30 a 39 (adultos); 50 a 59 (adultos de meia-idade); 60 a 69 (idosos) e 70 a 93 anos (idosos de idade avançada). O *software* Praat foi utilizado para importação, segmentação e etiquetagem dos dados. A extração das medidas das vogais foi realizada por *script* automático ou por extração manual e FFT. As vogais foram extraídas de palavras inseridas em textos, precedidas de [p] e [l]. O teste ANOVA comparou os efeitos idade, sexo e interação, seguido do *post-hoc* de Tukey para o fator grupo e interação. **Resultados:** Houve diferença significativa para idade e sexo em todas as medidas acústicas das três vogais, em ambas as consoantes e interação entre idade e sexo em 18 das 24 medidas acústicas analisadas. Em relação à idade, as crianças apresentaram valores médios mais altos de f_0 e formantes em comparação a todos os demais grupos etários, característicos da anatomia e fisiologia típicas do desenvolvimento. Entre crianças e adolescentes ocorreu queda acentuada nos valores dos parâmetros acústicos. Não houve diferença significativa entre adultos jovens e adultos, indicando um período de estabilidade acústica. Adultos apresentaram valores mais altos do que os grupos subsequentes, a depender do parâmetro acústico, vogal e consoante. Não houve diferença significativa entre adultos de meia-idade e os grupos subsequentes, indicando um período de estabilidade. Quanto ao sexo, mulheres apresentaram valores significativamente mais altos de f_0 e formantes que homens. **Conclusão:** Foram estabelecidos valores de referência para a f_0 , F1, F2 e F3 das vogais orais [a], [i] e [u] em falantes saudáveis do português brasileiro ao longo da vida, de 5 a 93 anos, em contexto de fala. A f_0 foi o parâmetro acústico mais robusto para identificar diferenças entre os sexos; o F2 e F3 da vogal [i] foram sensíveis para indicar mudanças articulatórias entre os grupos etários; e a vogal [i] surge como um possível marcador de mudanças articulatórias ao longo da vida.

Palavras-chave: análise acústica, espectrografia, voz, fala, criança, adolescente, adulto, idoso.

ABSTRACT

Introduction: Considering that, from childhood to old age, human voice and speech undergo significant changes, it becomes necessary to understand and monitor these transformations, which can be identified through acoustic analysis of the fundamental frequency (f_0) and formants, as they allow inferences about the vibratory patterns of the vocal folds and the transformation of the vocal tract. Until now, no study had established these reference values for the Brazilian population, although their establishment is essential for clinical practice and for supporting therapeutic interventions targeting voice and speech, taking into account the specific demands of each stage of the life cycle. **Objective:** To establish reference values for the fundamental frequency (f_0) and formants (F1, F2, F3) of the oral vowels [a], [i], and [u] in Brazilian Portuguese (BP) speakers across the lifespan, and to examine whether age and sex affect these acoustic parameters. **Methods:** The f_0 and formants of the oral vowels [a], [i], and [u] produced by 282 vocally healthy individuals of both sexes, aged 5 to 93 years, were analyzed. Participants were organized into seven age groups: 5–7 years (children), 13–15 (adolescents), 19–29 (young adults), 30–39 (adults), 50–59 (middle-aged adults), 60–69 (older adults), and 70–93 years (elderly adults). The Praat software was used for data import, segmentation, and labeling. Vowel measurements were obtained using either an automated script or manual extraction with FFT. The vowels were taken from words embedded in texts, preceded by [p] and [l]. ANOVA was applied to compare the effects of age, sex, and their interaction, followed by Tukey's post-hoc test for the group factor and interaction. **Results:** Significant effects of age and sex were found for all acoustic measures of the three vowels, in both consonantal contexts, as well as age $\times$ sex interaction effects in 18 of the 24 acoustic measures analyzed. Regarding age, children showed higher mean f_0 and formant values compared to all other age groups, reflecting the anatomy and physiology typical of development. Between children and adolescents, there was a sharp decline in the values of the acoustic parameters. No significant differences were observed between young adults and adults, indicating a period of acoustic stability. Adults presented higher values than the subsequent groups, depending on the acoustic parameter, vowel, and consonant. No significant differences were found between middle-aged adults and the subsequent groups, also indicating a period of stability. Regarding sex, women exhibited significantly higher f_0 and formant values than men. **Conclusion:** Reference values for the fundamental frequency (f_0) and formants (F1, F2, and F3) of the oral vowels [a], [i], and [u] in healthy Brazilian Portuguese speakers aged 5 to 93 years were established in a speech context. The f_0 proved to be the most robust acoustic parameter for distinguishing between sexes; F2 and F3 of the vowel [i] were the most sensitive for detecting articulatory changes across age groups; and the vowel [i] emerges as a potential marker of articulatory variation across the lifespan.

Keywords: acoustics analysis, spectrography, voice, speech, child, adolescent, adult, aged

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Representação acústico-articulatória das vogais orais [a], [i] e [u]...	29
Figura 2. Distribuição da amostra de fala em audio analisada nos sete grupos etários de estudo por faixa de idade e sexo.....	59
Figura 3. Imagem ilustrativa da anotação segmental da palavra “passarinho” e etiquetagem da vogal [a], precedida da consoante [p], no <i>software</i> Praat.....	66
Figura 4. Imagem ilustrativa da anotação segmental da palavra “lá” e etiquetagem da vogal [a], precedida da consoante [l], no <i>software</i> Praat.....	66
Figura 5. Imagem ilustrativa da anotação segmental da palavra “pijaminha” e etiquetagem da vogal [i], precedida da consoante [p], no <i>software</i> Praat....	67
Figura 6. Imagem ilustrativa da anotação segmental da palavra “lili” e etiquetagem da vogal [i], precedida da consoante [l], no <i>software</i> Praat.....	67
Figura 7. Imagem ilustrativa da anotação segmental da palavra “pulo” e etiquetagem da vogal, [u] precedida da consoante [p], no <i>software</i> Praat.....	68
Figura 8. Imagem ilustrativa da anotação segmental da palavra “lulu” e etiquetagem da vogal [u], precedida da consoante [l], no <i>software</i> Praat.....	68
Figura 9. Imagem ilustrativa da inserção do <i>script</i> no <i>software</i> Praat.....	69
Figura 10. Imagem ilustrativa da terceira camada, <i>point tier</i> , pós etiquetagem do <i>point</i> , com modificação do <i>spectrogram settings</i> para o modelo de banda estreita para extração das medidas por Transformada Rápida de Fourier (FFT).....	71
Figura 11. Imagem ilustrativa do <i>spectrum</i> gerado para análise e extração dos valores por Transformada Rápida de Fourier (FFT).....	72
Figura 12. Imagem ilustrativa do <i>pitch range</i> , intervalo estabelecido para mulheres (100-500Hz) e homens (70-400 Hz) para extração da medida da frequência fundamental (f_0).....	72
Figura 13. Imagem ilustrativa do intervalo do <i>formants settings</i> , <i>formant ceiling</i> e <i>number of formants</i> , estabelecido para mulheres (5500 Hz e 5.0) e para homens (5000 Hz e 5.0) para extração da medida da frequência fundamental (f_0).....	73
Figura 14. Número e porcentagem de dados extraídos por <i>script</i> (automático) e pela pesquisadora (manualmente e FFT) por vogal (precedida de [p] e [l]) e grupo etário.....	75
Figura 15. Valores médios da frequência fundamental (f_0), em Hertz, das vogais orais [a], [i] e [u] por idade e sexo para a consoante [p].....	81

Figura 16. Valores médios da frequência formante F1, em Hertz, das vogais orais [a], [i] e [u] por idade e sexo para a consoante [l].....	81
Figura 17. Valores médios da frequência formante F1, em Hertz, das vogais orais [a], [i] e [u] por idade e sexo para a consoante [p].....	82
Figura 18. Valores médios da frequência formante F1, em Hertz, das vogais orais [a], [i] e [u] por idade e sexo para a consoante [l].....	82
Figura 19. Valores médios da frequência formante F2, em Hertz, das vogais orais [a], [i] e [u] por idade e sexo para a consoante [p].....	83
Figura 20. Valores médios da frequência formante F2, em Hertz, das vogais orais [a], [i] e [u] por idade e sexo [a], [i] e [u] por idade e sexo para a consoante [p].....	83
Figura 21. Valores médios da frequência formante F3, em Hertz, das vogais orais [a], [i] e [u] por idade e sexo para a consoante [p].....	84
Figura 22. Valores médios da frequência formante F3, em Hertz, das vogais orais [a], [i] e [u] por idade e sexo para a consoante [l].....	84
Figura 23. Comparação entre os sexos feminino e masculino dos valores médios significantes ($p < 0,001$) para as frequências fundamental (f_0), em Hertz, das vogais orais [a], [i] e [u], precedidas das consoantes [p] e [l], independentemente da idade.....	94
Figura 24. Comparação entre os sexos os sexos, dos valores médios significantes ($p < 0,001$) para as frequências dos formantes (F1, F2, F3), em Hertz, das vogais orais [a], [i] e [u], precedidas das consoantes [p], independentemente da idade.....	94
Figura 25. Comparação entre os sexos, dos valores médios estatisticamente significantes ($p < 0,001$) para as frequências dos formantes (F1, F2, F3), em Hertz, das vogais orais [a], [i] e [u] precedidas das consoantes [l], independentemente da idade.....	95

LISTA DE QUADROS

Quadro 1. Valores das médias das medidas acústicas de interesse (f_0 , F1, F2, F3) das vogais orais [a], [i] e [u], dos estudos apresentados na subseção literatura nacional.....	41
Quadro 2. Valores das médias das medidas acústicas de interesse (f_0 , F1, F2 e F3) das vogais orais [a], [i] e [u], reportados pelos autores na subseção literatura internacional.....	54
Quadro 3. Estímulos de fala selecionados para o estudo.....	64
Quadro 4. Configurações utilizadas para extração manual no <i>software</i> Praat..	74

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Distribuição da amostra de fala em audio analisada nos sete grupos etários por faixa de idade, média de idade e porcentagem, para ambos os sexos.....	58
Tabela 2 - Número e porcentagem geral de dados segmentados extraídos pelo <i>script (midpoint)</i> e extraídos pela pesquisadora, por estímulo de vogal [a], [i] e [u]...	74
Tabela 3 - Valores médios e desvios padrão das frequências fundamental (f_0) e dos formantes (F1, F2 e F3), em Hetz, para as vogais orais [a], [i] e [u], precedidas pela consoante [p], em sete grupos etários, para ambos os sexos, produzidas por falantes do Português Brasileiro.....	79
Tabela 4 - Valores médios e desvio padrão das frequências fundamental (f_0) e dos formantes (F1, F2 e F3), em Hertz, para as vogais orais [a], [i] e [u], precedidas pela consoante [l], em sete grupos etários, para ambos os sexos, produzidas por falantes do Português Brasileiro.....	80
Tabela 5 - Modelo de efeito fixo para idade, sexo e interação nos parâmetros acústicos das vogais orais [a], [i] e [u] precedidas das consoantes [p] e [l].....	85
Tabela 6 - Valores médios e desvio padrão da frequência fundamental (f_0) e dos formantes, em Hertz, para as vogais orais [a], [i] e [u], precedidas da consoante [p], independentemente do sexo, nos sete grupos etários de falantes do PB.....	86
Tabela 7 - Valores médios e desvio padrão da frequência fundamental (f_0) e dos formantes, em Hertz, para as vogais orais [a], [i] e [u], precedidas da consoante [l], independentemente do sexo, nos sete grupos etários de falantes do PB.....	87
Tabela 8 – P-valor exato do teste <i>post-hoc</i> de Tukey para o fator idade, sete grupos, nas medidas acústicas f_0 , F1, F2 e F3 para vogal [a], nos contextos [p] e [l].....	87
Tabela 9 - – P-valor exato do teste <i>post-hoc</i> de Tukey para o fator idade, sete grupos, nas medidas acústicas f_0 , F1, F2 e F3 para vogal [i] nas consoantes [p] e [l].....	88
Tabela 10 - – P-valor exato do teste <i>post-hoc</i> de Tukey para o fator idade, sete grupos, nas medidas acústicas f_0 , F1, F2 e F3 para vogal [u] nas consoantes [p] e [l].....	88
Tabela 11 - Valores médios e desvio padrão das frequências fundamental (f_0) e dos formantes F1, F2 e F3, em Hertz, para as vogais orais [a], [i] e [u], precedidas das consoantes [p] e [l], para ambos os sexos.....	93
Tabela 12a - <i>Post-Hoc</i> da interação significativa do fator idade e sexo feminino, em Hertz, para as frequências (f_0 , F1, F2 e F3) das vogais [a], [i] e [u], precedidas por [p] e [l] de falantes do PB, com indicação das diferenças significativas entre os sete grupos etários (G1-G7).....	98

Tabela 12b - *Post-Hoc* da interação significativa entre o fator idade e sexo feminino, em Hertz, para as frequências (f_0 , F1, F2 e F3) das vogais [a], [i] e [u], precedidas das consoantes [p] e [l] de falantes do PB, com indicação das diferenças médias significativas entre os sete grupos etários (G1-G7)..... 99

Tabela 13 – P-Valor exato do teste *post-hoc* de Tukey para as frequências (f_0 , F1, F2 e F3) para as vogais [a], [i] e [u], precedidas das consoantes [p] e [l], para crianças (G1) em comparação com os demais grupos etários do sexo feminino..... 100

Tabela 14 - P-Valor exato do teste *post-hoc* de Tukey para as frequências (f_0 , F1, F2 e F3) para as vogais [a], [i] e [u], precedidas das consoantes [p] e [l], entre adolescentes (G2) e os demais grupos etários do sexo feminino 105

Tabela 15 P-Valor exato do teste *post-hoc* de Tukey para as frequências (f_0 , F1, F2 e F3) para as vogais [a], [i] e [u], precedidas das consoantes [p] e [l], entre adultas jovens (G3) e os demais grupos etários do sexo feminino..... 108

Tabela 16 P-Valor exato do teste *post-hoc* de Tukey para as frequência (f_0 , F1, F2 e F3) para as vogais [a], [i] e [u], precedidas das consoantes [p] e [l], entre adultas (G4) e os demais grupos etários do sexo feminino..... 111

Tabela 17 - P-Valor exato do teste *post-hoc* de Tukey para as frequência (f_0 , F1, F2 e F3) para as vogais [a], [i] e [u], precedidas das consoantes [p] e [l], entre mulheres de meia idade (G5) e os demais grupos etários do sexo feminino..... 113

Tabela 18 - P-Valor exato do teste *post-hoc* de Tukey para as frequência (f_0 , F1, F2 e F3) para as vogais [a], [i] e [u], precedidas das consoantes [p] e [l], entre as idosas (G6) e os demais grupos etários do sexo feminino 115

Tabela 19 - P-Valor exato do teste *post-hoc* de Tukey para as frequência (f_0 , F1, F2 e F3) para as vogais [a], [i] e [u], precedidas das consoantes [p] e [l], entre mulheres idosas (G7) e os demais grupos etários do sexo feminino 116

Tabela 20a – *Post-Hoc* da interação entre o fator idade e sexo masculino, em Hertz, para os 18 parâmetros acústicos das vogais [a], [i] e [u] precedidas das consoantes [p] e [l] com indicador de diferenças estatisticamente significativa entre os sete grupos do estudo..... 117

Tabela 20b - *Post-Hoc* da interação entre o fator sexo masculino e idade, em Hertz, para as frequências (f_0 , F1, F2 e F3) das vogais [a], [i] e [u] precedidas das consoantes [p] e [l] de falantes do PB, com indicador de diferenças estatisticamente significativa entre os sete grupos do estudo..... 117

Tabela 21 – P-Valor exato do teste *post-hoc* de Tukey para as frequência (f_0 , F1, F2 e F3) para as vogais [a], [i] e [u], precedidas das consoantes [p] e [l], para crianças (G1) em comparação com os demais grupos etários do sexo masculino... 119

Tabela 22 – Diferenças significativas entre as médias das crianças em comparação com os demais grupos etários para os parâmetros acústicos das vogais [a], [i] e [u], precedidas das consoantes [p] e [l], para o sexo masculino 120

Tabela 23 – P-Valor exato do teste *post-hoc* de Tukey para as frequência (f_0 , F1, F2 e F3) para as vogais [a], [i] e [u], precedidas das consoantes [p] e [l], para adolescentes (G2) em comparação com os demais grupos etários do sexo masculino 121

Tabela 24 – P-Valor exato do teste *post-hoc* de Tukey para as frequência (f_0 , F1, F2 e F3) para as vogais [a], [i] e [u], precedidas das consoantes [p] e [l], para adultos jovens (G3) em comparação com os demais grupos etários do sexo masculino 122

Tabela 25 – P-Valor exato do teste *post-hoc* de Tukey para as frequência (f_0 , F1, F2 e F3) para as vogais [a], [i] e [u], precedidas das consoantes [p] e [l], para adultos (G4) em comparação com os demais grupos etários do sexo masculino .. 123

Tabela 26 – P-Valor exato do teste *post-hoc* de Tukey para as frequência (f_0 , F1, F2 e F3) para as vogais [a], [i] e [u], precedidas das consoantes [p] e [l] para adultos de meia-idade (G5) em comparação com os demais grupos etários do sexo masculino 124

Tabela 27 P-Valor exato do teste *post-hoc* de Tukey para as frequência (f_0 , F1, F2 e F3) para as vogais [a], [i] e [u], precedidas das consoantes [p] e [l], para idosos (G6) em comparação com os demais grupos etários do sexo masculino 125

Tabela 28 – P-Valor exato do teste *post-hoc* de Tukey para as frequência (f_0 , F1, F2 e F3) para as vogais [a], [i] e [u], precedidas das consoantes [p] e [l], para idosos de idade avançada (G7) em comparação com os demais grupos etários do sexo masculino..... 126

Tabela 29 – Diferença das médias entre os sexos, feminino e masculino, nos parâmetros acústicos das vogais [a], [i] e [u], precedidas da consoante [p], dentro dos sete grupos etários (em Hz), com indicação de p-valor estatisticamente significativa..... 127

Tabela 30 – Diferença das médias entre os sexos, feminino e masculino, nos parâmetros acústicos das vogais [a], [i] e [u], precedidas da consoante [l], dentro dos sete grupos etários (em Hz), com indicação de p-valor estatisticamente significativa..... 128

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

PB	Português Brasileiro
f_0	frequência fundamental
$F1$	primeiro formante
$F2$	segundo formante
$F3$	terceiro formante
ms	milissegundos
Hz	Hertz
dB	decibel
C-V	consoante-vogal
C-V-C	consoante-vogal-consoante
CV	coeficiente de variância
DP	desvio padrão
IC	intervalo de confiança
TCLE	Termo de Consentimento Livre e Esclarecido
LAAc	Laboratório de Análise Articulatória e Acústica
G1	Crianças (5 a 7 anos e 11 meses)
G2	Adolescentes (15 a 18 anos e 11 meses)
G3	Adultos-jovens (20 a 29 anos e 11 meses)
G4	Adultos (30 a 29 anos e 11 meses)
G5	Adultos de meia-idade (50 a 59 anos e 11meses)
G6	Idosos (60 a 69 anos e 11 meses)
G7	Idosos com idade avançada (70 a 93 anos)
UNESP	Universidade Estadual Paulista – Júlio de Mesquita Filho
%	porcentagem
vs.	comparado com

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	18
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	23
2.1 Fundamentação Teórica.....	23
2.1.1 Análise Acústica.....	23
2.1.2 Teoria Acústica da Produção da Fala.....	24
2.1.3 Característica acústico-articulatórias das vogais orais [a], [i] e [u].....	28
2.2 Estudos prévios dos parâmetros acústicos das vogais orais [a], [i] e [u].....	32
2.2.1 Literatura nacional.....	33
2.2.2 Literatura internacional.....	42
3 OBJETIVOS.....	56
4 METODOLOGIA	57
4.1 Aspectos éticos.....	57
4.2 Casuística.....	58
4.3 Critérios de inclusão e exclusão.....	63
4.4 Procedimentos.....	63
4.4.1 Captura das gravações em áudio do banco de dados utilizado.....	63
4.4.2 Estímulos de fala do estudo.....	63
4.5. Análise dos dados.....	65
4.5.1 Anotação segmental e etiquetagem dos dados.....	65
4.5.2 Passos anteriores à anotação segmental	65
4.5.3 Anotação segmental e etiquetagem.....	65
4.6. Análise acústica.....	68
4.6.1 Extração automática dos valores das medidas acústicas	68
4.6.2 Extração manual dos valores das medidas acústicas	69
4.7 Análise estatística dos dados.....	76
5 RESULTADOS.....	78
5.1 Efeito principal idade.....	86
5.1.1 Frequência fundamental (f_0).....	88

5.1.2 Formantes (F1, F2, F3).....	90
5.2 Efeito principal sexo.....	93
5.3 Efeito de interação idade e sexo.....	96
5.3.1 Interação idade e sexo feminino.....	97
5.3.1.1 Crianças (G1, 5-7 anos) e grupos etários G2 a G7.....	100
5.3.1.2 Adolescentes (G2, 13-15 anos) e grupos etários G3 a G7.....	105
5.3.1.3 Adultas jovens (G3, 19-29 anos) e grupos etários G4 a G7.....	107
5.3.1.4 Adultas (G4, 30-39 anos) e grupos etários G5 a G7	110
5.3.1.5 Adultas de meia-idade (G5, 50-59 anos) e grupos etários G6 e G7.....	113
5.3.1.6 Idosas (G6, 60-69 anos) e grupo etário G7.....	114
5.3.1.7 Idosas de idade avançada (G7, 70-93 anos)	115
5.3.2 Interação, idade e sexo masculino.....	116
5.3.2.1 Crianças (G1, 5-7 anos) e grupos etários G2 a G7.....	119
5.3.2.2 Adolescentes (G2, 13-15 anos) e grupos etários G3 a G7.....	120
5.3.2.3 Adultos jovens (G3, 19-29 anos) e grupos etários G4 a G7	121
5.3.2.4 Adultos (G4, 30-39 anos) e grupos etários G5 a G7	122
5.3.2.5 Adultos de meia-idade (G5, 50-59 anos) e grupos etários G6 a G7.....	123
5.3.2.6 Idosos (G6, 60-69 anos) e grupo etário G7.....	124
5.3.2.7 Idosos de idade avançada (G7, 70-93 anos).....	125
5.3.3 Interação do sexo para cada um dos grupos etários	127
6 DISCUSSÃO.....	132
6.1. Frequência fundamental (f_0).....	133
6.1.1 Efeito principal idade sobre a f_0	133
6.1.2 Efeito principal sexo sobre a f_0	135
6.1.3 Interação idade e sexo para f_0	135
6.1.3.1 Interação idade e sexo feminino para f_0	135
6.1.3.2 Interação idade e sexo masculino para f_0	139
6.2 Formantes F1, F2, F3.....	143
6.2.1 Efeito principal idade sobre F1, F2, F3.....	143
6.2.2 Efeito principal sexo sobre F1, F2, F3.....	150

6.2.3 Interação idade e sexo para F1, F2, F3	151
6.2.3.1 Interação idade e sexo feminino	151
6.2.3.2 Interação idade e sexo masculino	156
6.2.4. Interação do sexo para cada um dos grupos etários	158
7 CONCLUSÃO.....	162
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	163
ANEXOS.....	168

1 INTRODUÇÃO

Considerando que da infância à terceira idade, a voz e a fala humanas passam por mudanças, torna-se necessário compreender essas transformações ao longo das diferentes faixas etárias. Essas mudanças não afetam apenas o corpo de modo geral, mas também provocam modificações anatômicas e fisiológicas significativas nos aspectos específicos da voz e da fala (BEHLAU *et al.*, 2001; KENT e VORPERIAN, 2018), como diminuição da capacidade pulmonar, ossificação e calcificação das cartilagens laríngeas, atrofia das pregas vocais e modificações nas estruturas e função dos órgãos ressonantes (SHOTZ, 2006). Essas mudanças são refletidas em variações nos diversos parâmetros acústicos, incluindo a frequência fundamental (f_0) e os formantes das vogais (LINVILLE, RENS, 2001; SCHOTZ, 2006; VORPERIAN e KENT, 2007; EICHHORN *et al.*, 2018).

A pesquisa apresentada nesta tese de doutorado dialoga com investigações anteriores desenvolvidas no âmbito do Laboratório de Análise Articulatória e Acústica (LAAc) da Universidade Estadual Paulista, que contribuíram significativamente para a caracterização acústica da voz e da ressonância no PB, ao propor um estudo sobre a acústica da voz e da fala de falantes do PB ao longo da vida, com foco em um conjunto de medidas ainda não investigadas conjuntamente.

Estudos anteriores desenvolvidos no LAAc ofereceram valores normativos para medidas como nasalância (MARINO *et al.*, 2016, 2018), fornecendo informações sobre o equilíbrio oronasal, inicialmente em crianças, adolescentes e adultos (MARINO *et al.*, 2016) e, posteriormente, esses achados foram comparados aos de adultos de meia-idade e idosos (MARINO *et al.*, 2018). Outros estudos apresentaram valores de referência para falantes do PB referentes a medidas lineares tradicionais, como a frequência fundamental (f_0) e o *Noise-to-Harmonic Ratio* (NHR) (SPAZZAPAN *et al.*, 2022), além de *jitter*, *shimmer* e desvio padrão da f_0 (SPAZZAPAN *et al.*, 2025, no prelo), todos para a vogal sustentada. Mais recentemente, as pesquisas desenvolvidas no LAAc investigaram as mudanças na produção da voz por meio de medidas não lineares, como o *Cepstral Peak Prominence Smoothed* (CPPS), em crianças e adolescentes (SPAZZAPAN *et al.*, 2025), e também em falantes vocalmente saudáveis, nos diferentes ciclos da vida, em tarefas de fala envolvendo a vogal sustentada e frases (oral e oronasal) padronizadas (SPAZZAPAN, 2022). Neste

contexto, o estudo ora proposto amplia os conhecimentos prévios sobre as mudanças que podem ocorrer ao longo do desenvolvimento, ao investigar mudanças acústicas no sinal da voz (f_0) e da fala (formantes).

A frequência fundamental (f_0) é amplamente reconhecida como um dos principais indicadores da função vocal, por refletir diretamente a taxa de vibração das pregas vocais. Essa vibração, por sua vez, é influenciada por propriedades anatômico-fisiológicas das pregas vocais, como comprimento, massa, tensão e rigidez, que naturalmente se modificam ao longo do desenvolvimento e envelhecimento humano (BEHLAU *et al.*, 2001; DEHQAN, ANSARI, BAKHTIAR, 2010). Assim, compreender a variação da f_0 ao longo da vida é essencial para estabelecer parâmetros de normalidade que sejam sensíveis às transformações do sistema fonatório ao longo da vida.

Achados sobre a f_0 , da infância à velhice, foram reportados apenas em três estudos que incluíram falantes do inglês americano (STATHOPOULOS, HUBER e SUSSMAN, 2011), do persa (SOLTANI *et al.*, 2014) e do PB (SPAZZAPAN *et al.*, 2020), todos voltados para a vogal sustentada. De modo geral, esses estudos mostram que, da infância à terceira idade, há uma diminuição da f_0 nos diferentes ciclos da vida, tanto para homens quanto para mulheres, com padrões distintos entre os sexos (STATHOPOULOS, HUBER, e SUSSMAN, 2011; SOLTANI *et al.*, 2014; SPAZZAPAN *et al.*, 2020). Até o momento, não há estudos que apresentem valores de referência da f_0 para as vogais orais [a], [i] e [u] ao longo da vida e, sobretudo, combinados com outras medidas de frequência (formantes) em contextos de fala, particularmente para falantes do português brasileiro.

Além das informações sobre o sinal sonoro produzido pelas pregas vocais, é importante obter dados provenientes das modificações do trato vocal, a fim de compreender as mudanças na produção da fala associadas ao crescimento e ao envelhecimento. As vogais, que fazem parte do grupo de sons ressoantes da fala, são o resultado do som produzido nas pregas vocais, modificado pelo posicionamento da língua, dos lábios, da mandíbula, do palato duro e mole, e da faringe (SVICERO, 2012). O trato vocal, na produção das vogais, terá ressonâncias, também referidas como modos naturais de vibração do trato vocal ou formantes, que ocorrem sob determinadas condições físicas, as quais dependem da relação entre a frequência da

fonte sonora e a extensão do trato vocal (CAMARGO, 2002). Essas frequências de formantes são essenciais para a identificação das vogais e permitem interpretações articulatórias dos dados acústicos (BARBOSA e MADUREIRA, 2015).

Mais especificamente, a primeira ressonância (formante F1) está associada à altura da língua, reflete a abertura mandibular, e; a segunda ressonância (formante F2) está associada ao posicionamento anteroposterior da língua, reflete a extensão da cavidade oral (LINDBLOM e SUNDBERG, 1971). Já a terceira ressonância (formante F3), está associada à porção anterior do trato vocal, especificamente à cavidade entre a constrição e os lábios, denominada por Fant (1966) como *front horn*, correspondendo à ressonância de um quarto do comprimento de onda desta cavidade frontal, reforçando a ligação de F3 à porção anterior ao ponto de constrição. O autor ainda refere que F3 é menos sensível à movimentação anteroposterior do corpo da língua que F2, quase inalterado pelo grau de abertura mandibular que F1 e menos sensível à expansão da cavidade faringe. Fant (1966) complementa que o gesto de arredondamento reduz todos os formantes, especialmente em vogais com constrições palato-velares e velofaríngeas. Os valores desses formantes variam de acordo com o sexo e tendem a diminuir com o aumento da idade (KENT e VORPERIAN, 2018).

Os efeitos das mudanças na fala que ocorrem ao longo da vida, refletidos conjuntamente na f_0 e nos formantes das vogais, não foram reportados na literatura em um único estudo e nem para falantes do português brasileiro. As informações disponíveis restringem-se às derivadas de faixas etárias específicas, incluindo: crianças (por exemplo, no inglês, BUSBY e PLANT, 1995; no português brasileiro, VIEGAS *et al.*, 2015); adultos (no inglês, LEUNG *et al.*, 2020); crianças e adultos (no inglês, LEE, POTAMIANOS e NARAYANAN, 1999; VORPERIAN *et al.*, 2019); no português brasileiro, BROAD e SEARA, 2013); e adultos e idosos (no inglês, EICHHORN *et al.*, 2018; no tcheco, TYKALOVA *et al.*, 2020), embora com número reduzido de participantes. Outros estudos investigam faixas etárias mais amplas, comparando diferenças entre grupos etários ao longo da vida, incluindo crianças, jovens adultos e idosos (SCUKANEC e PETROSINO, 1991; VORPERIAN *et al.*, 2023).

Em geral, os estudos sobre a análise acústica das vogais em crianças mostram que as frequências F1 e F2 tendem a diminuir gradativamente com o alongamento do

trato vocal, seguindo padrões de mudança não linear. As distinções relacionadas ao sexo biológico começam a surgir por volta dos 4 anos, tornando-se mais evidentes aos 8 anos (KENT e VORPERIAN, 2007). De maneira semelhante, a frequência do formante F3 também diminui com o aumento da idade (VIEGAS *et al.*, 2015). Em relação aos adultos, embora a idade seja um preditor significativo dos formantes, os efeitos observados são pequenos, especialmente quando se considera a diferença entre falantes de 18 a 60 anos (LEUNG *et al.*, 2020).

Quanto aos estudos direcionados ao efeito do envelhecimento sobre os formantes, as conclusões são inconsistentes e os resultados inconclusivos. As variações nos achados acústicos da idade adulta à velhice se devem, em parte, ao pequeno número de indivíduos nos estudos apresentados (KENT e VORPERIAN, 2018). Eichhorn *et al.* (2018) destacaram que a maioria desses estudos apresentam dados apenas para F1 e F2, excluindo formantes superiores que podem ser sensíveis a diferenças de sexo e a alterações anatômicas, e ainda, uma parte das pesquisas tem se concentrado no estudo da f_0 e em outras características da fonação, resultando em uma literatura muito menor sobre os efeitos conjuntos da idade sobre a f_0 e os formantes das vogais.

Com base no exposto, verifica-se que há uma lacuna nas informações sobre as medidas acústicas da f_0 e dos formantes (F1, F2 e F3) de vogais orais, em um único estudo, que possam refletir as mudanças ocorridas na produção da voz e da fala ao longo do desenvolvimento, desde a infância até a terceira idade.

Considerando que os valores da f_0 e dos formantes apresentam correlações com o idioma falado (VIEGAS *et al.*, 2019), o objetivo geral deste estudo foi estabelecer valores de referência para a frequência fundamental (f_0) e os formantes (F1, F2 e F3) das vogais orais [a], [i] e [u] em falantes de português brasileiro (PB) ao longo da vida. Ainda, verificar se a idade e o sexo afetam esses parâmetros acústicos.

A proposta metodológica adotada, fundamentada na literatura científica (BEHLAU, 1984; SCUKANEC e PETROSINO, 1991; BUSBY e PLANT, 1995; LEE, POTAMIANOS e NARAYANAN, 1999; VIEGAS *et al.*, 2015; VORPERIAN *et al.*, 2019; 2023; EICHHORN *et al.* 2018; TYKALOVA *et al.*, 2020), e alinhada às diretrizes internacionais, visa oferecer valores de referência funcionais, ou seja, valores que

possam refletir o funcionamento efetivo, tanto do sinal acústico gerado pela fonte glótica quanto das transformações resultantes das configurações do trato vocal na produção de vogais orais ([a], [i], [u]) em falantes do PB de crianças, adolescentes, adultos jovens, adultos, adultos de meia-idade, idosos e idosos de idade avançada.

Essa abordagem responde à carência de dados normativos consistentes e representativos para o PB que representem a produção vocal em contexto de fala, sendo particularmente relevante para a aplicação clínica e científica. O estabelecimento de valores de referência para medidas acústicas de falantes de uma determinada língua ao longo da vida é essencial, uma vez que essas medidas refletem transformações decorrentes de fatores biológicos, como diferenças nos aspectos anatômicos e fisiológicos do sistema laríngeo e supra-laríngeo, e, eventualmente, de fatores culturais (KENT, 1997). Considerando que essas alterações podem ser refletidas nas medidas acústicas, é indispensável obtê-las ao longo dos diferentes ciclos da vida, em populações saudáveis, sem alterações de linguagem, voz e fala, em falantes de uma língua específica.

Assumindo-se que medidas acústicas podem refletir mudanças associadas ao crescimento e ao envelhecimento, foram formuladas as seguintes perguntas de pesquisa: (i) haveria variações nas frequências fundamental e dos formantes (F1, F2 e F3) das vogais orais [a], [i] e [u] produzidas por falantes do PB de diferentes faixas etárias, desde crianças até idosos de idade avançada?; e (ii) haveria variações nas frequências fundamental e dos formantes (F1, F2 e F3) das vogais orais [a], [i] e [u] produzidas por falantes do PB do sexo feminino e do sexo masculino?

Considerando as questões de pesquisa, este estudo busca contribuir para o crescente conjunto de dados sobre os efeitos da idade e do sexo nas propriedades acústicas da voz e da fala, fornecendo informações ao longo da vida de falantes do PB, utilizando os mesmos procedimentos metodológicos e com controle rigoroso das tarefas de fala. Ao preencher uma lacuna ainda pouco explorada na literatura nacional e internacional, esta tese busca contribuir tanto para o avanço do conhecimento científico quanto para aplicações clínicas, uma vez que as medidas obtidas podem servir como referência para o PB, possibilitando comparações com indivíduos que apresentam alterações na fala e subsidiando pesquisas futuras na área.

2 REVISÃO DE LITERATURA

Esta seção tem como objetivo apresentar os fundamentos teóricos que sustentam a pesquisa, e está estruturada em duas partes: (1) Fundamentação teórica, na qual são abordados os conceitos teóricos relacionados à análise acústica da fala, à teoria da produção acústica da fala e às características articulatórias das vogais orais [a], [i] e [u], representativas dos vértices do triângulo vocálico do português brasileiro; (2) Estudos prévios, que analisaram os parâmetros acústicos dessas mesmas vogais em diferentes faixas etárias e nos sexos feminino e masculino, subdivididos em literatura nacional e literatura internacional.

2.1 Fundamentação Teórica

2.1.1 Métodos de análise acústica

Por definição, a análise acústica caracteriza-se como um ferramenta objetiva e não invasiva capaz de registrar e examinar sinais acústicos provenientes de tarefas vocais (VORPERIAN e KENT, 2007). Essa abordagem é especialmente valiosa no estudo do desenvolvimento da fala e suas alterações, podendo ser prontamente executados com sistemas computacionais para análise de diversas tipos de amostras, sejam elas gravadas em ambientes de laboratório ou naturalísticos (VORPERIAN e KENT, 2007).

Os aspectos essenciais relacionados à análise acústica da fala, dentre os quais, os métodos gráficos de registro do sinal de fala, destacando o oscilograma, o espectrograma e o espectro da Transformada Rápida de Fourier (FFT), foram sumarizados por Droguett (2017) em seu estudo sobre aplicações clínicas da análise acústica. Conforme referido, o oscilograma corresponde à uma representação gráfica da variação da amplitude do sinal vocal em função do tempo, permitindo a identificação de variações fonéticas, pausas e a mensuração da duração da amostra, da amplitude e da frequência da voz, uma representação fundamental para a medição precisa do início e do fim das vocalizações.

Droguett (2017) explica, ainda, que o espectrograma é um método gráfico de registro de representação mais completa da vibração sonora, pois permite observar harmônicos, formantes e ruídos. Organizado de forma bidimensional, apresenta a

frequência (em hertz) no eixo vertical, o tempo (em segundos) no eixo horizontal, e a amplitude pela densidade do traçado (em tons de cinza), podendo ser dividido em dois tipos: (i) de banda estreita, que permite visualizar os harmônicos; e (ii) de banda larga, que favorece a análise temporal da fala e dos formantes.

Quanto ao espectro FFT, obtido pela aplicação da Transformada Rápida de Fourier, Droguett (2017) explica que esta análise possibilita uma decomposição do sinal complexo em suas frequências parciais, fornecendo um gráfico que apresenta as frequências no eixo horizontal e a amplitude das frequências no eixo vertical.

2.1.2 Teoria acústica da produção da fala

As informações descritas na literatura sobre o percurso teórico desenvolvido por Fant até a publicação da Teoria Acústica da Produção da Fala foram sumarizadas por Camargo (2002), em um estudo de revisão. Conforme apresentado, a primeira versão da teoria foi publicada em 1960, com base em estudos prévios de 1956, nos quais Fant descreveu o sinal acústico registrado à frente dos lábios do falante. Em 1962, Fant introduziu conceitos que contribuíram para compreensão da relação entre dados fisiológicos do aparelho fonador e as propriedades físicas da onda sonora da fala. Esses conceitos foram organizados nas duas edições de sua obra, culminando na publicação da segunda versão da teoria, em 1970. Nessa versão, Fant incorporou teorias sobre sistemas de ressonância e fontes sonoras na fala, além de revisar e aprofundar conceitos inicialmente apresentados de forma mais genérica, com o objetivo de estabelecer as bases teóricas para a análise acústica da fala, utilizando um modelo matemático que propõe a interação entre dois componentes principais: a fonte, associada à vibração das pregas vocais e responsável pela geração da frequência fundamental e de seus harmônicos; e o filtro, relacionado à anatomofisiologia do trato vocal, que atua como um tubo de ressonância modificando a amplitude dessas frequências. Essa formulação ficou também conhecida como Teoria Linear da Fonte e Filtro.

No desenvolvimento da teoria acústica da produção da fala, a publicação de Fant em 1966 representou um avanço significativo ao abordar as diferenças fisiológicas entre falantes e seu impacto nos padrões dos formantes. Nesse estudo, o autor demonstrou que as médias das frequências dos formantes observadas em

mulheres são aproximadamente 20% mais altas do que as dos homens, em razão da diferença no comprimento do trato vocal. Fant propôs que essa relação pode ser descrita por um fator de escala inversamente proporcional ao tamanho do trato vocal, o que implicava que os padrões de ressonância (F1, F2, F3 etc.) não se alteram de forma uniforme entre indivíduos com diferentes dimensões anatômicas (FANT, 1966). Essa estudo reforça a concepção de que o trato vocal atua como um filtro ressonante cujas propriedades são influenciadas por variáveis fisiológicas, consolidando a base do que viria a ser formalizado posteriormente como a Teoria Linear da Fonte e Filtro.

De modo geral, cada posição dos articuladores determina uma configuração específica do trato vocal, resultando em curvas de ressonância distintas e, conseqüentemente, em sons da fala com características individuais do falante (BEHLAU, 1984). Além disso, quanto menor o volume dos ressoadores, mais aguda será a frequência de ressonância; por outro lado, quanto volumes maiores resultas em frequências mais graves (BEHLAU, 1984; CAMARGO, 2002). As medidas dessas ressonâncias, denominadas formantes, representam dados individuais do sinal acústico (KENT e READ, 2002; SVICERO, 2012), e o padrão dos formantes é definido por sua frequência, intensidade e largura de banda (KENT e VORPERIAN, 2018). À medida que o som se propaga pelas cavidades supraglóticas, o espectro harmônico sofre modificações, com amplificação ou atenuação de determinadas frequências em função das propriedades ressoantes do trato vocal (VIEGAS *et al.*, 2019).

Assim, os formantes são ressonâncias do trato vocal que modificam a amplitude dos harmônicos da fonte glotal, ampliando alguns harmônicos enquanto outros são atenuados (KUHN e MADUREIRA, 2011). O termo formante foi introduzido em 1984 para referir-se às frequências de ressonância do trato vocal e implica uma inferência ou estimativa com base em medições físicas (KENT *et al.*, 2018). Em teoria, existem infinitos formantes. Os três primeiros, foco deste estudo, são denominados F1 (primeiro formante), correlacionado à abertura da boca e à altura da língua; F2 (segundo formante), correlacionado ao recuo ou avanço da língua no trato vocal no eixo horizontal (anteroposterior), e F3 (terceiro formante), associado à porção anterior do trato vocal, especificamente à cavidade entre a constrição e os lábios, denominada *front horn* (FANT, 1966).

Segundo Peterson e Barney, 1952, quanto aos formantes: (i) o primeiro formante, F1, correspondente à ressonância mais baixa do trato vocal, varia, para adultos falantes do inglês, entre 270 Hz e 850 Hz, em média; (ii) o segundo formante, F2, corresponde à segunda ressonância mais baixa do trato vocal, varia entre 840 Hz e 2790 Hz, também em adultos falantes do inglês; (iii) o terceiro formante, F3, correspondente à terceira ressonância mais baixa do trato vocal, varia entre 1690 Hz e 3310 Hz, em média, para adultos.

Quanto ao primeiro formante, F1, Ladefoged e Johnson (2011) relatam que esse é o formante mais baixo e, portanto, pode ser considerado como o mais importante por transportar em média, cerca de 80% da energia acústica. Também comentam que independentemente do tipo de vogal, um aumento de F1 é obtido por meio de um abaixamento da mandíbula e da língua, o que corresponde a um aumento do tamanho da cavidade bucal. Acrescenta-se a essas descrições dos autores que o abaixamento da mandíbula e da língua comprime a hipofaringe e tensiona uma região de nó. Esta propriedade articulatória é denominada altura da vogal, sendo que F1 está inversamente correlacionado com essa altura (LADEFOGED e JOHNSON, 2011).

Quanto ao segundo formante, F2, Ladefoged e Johnson (2011) comentam que a diminuição de F2 é obtida com o recuo da língua, característica articulatória conhecida como posteriorização, e que F2 e a posteriorização da vogal são positivamente correlacionados, embora essa correlação não seja tão forte quanto a de F1 com a altura, uma vez que F2 também é influenciado pelo arredondamento dos lábios, o qual contribui para sua redução. Acrescenta-se a essas informações apresentadas pelos autores que essa redução ocorre em razão da constrição labial e protusão labial, que alongam o tubo vocal. Os autores adicionam que a análise da relação entre F2-F1 possibilita isolar parcialmente os efeitos do arredondamento dos lábios. Entende-se, com base nessas informações, que o grau de posteriorização da vogal está mais diretamente relacionado à diferença entre F1-F2 e que, quanto menor essa diferença, mais posterior será a vogal.

Quanto ao terceiro formante F3, Johnson Ladefoged e Johnson (2011) relatam que F3 está menos claramente associado a uma característica articulatória do que F1 e F2; que transmite pouca informação sobre altura e posteriorização; e que está, em geral, associado à terceira característica das vogais: o arredondamento, que

geralmente reduz F3, sendo esse impacto mais dependente do tipo de vogal do que F1 e F2. Os autores ainda apontam que F3 está frequentemente relacionado a sons retroflexos, sendo que as vogais “*r-colored*” apresentam um F3 baixo (LADEFOGED e JOHNSON, 2011).

Segundo Aaltonen (1985), assim como ocorre com F2 em relação a F1, o formante F3 também pode ser considerado em interação com o formante anterior, F2, aproximando-se dele para ter maior impacto no pico espectral F2-F3. Kent e Read (1992), referiam que os três primeiros formantes são influenciados pela forma dos lábios e a configuração da cavidade oral. Estas frequências fornecem uma descrição detalhada dos ajustes articulatórios que diferenciam as vogais e, em especial F1 e F2, fornecem identidade fonética às vogais e apresentam correlações com o idioma falado (VIEGAS *et al.*, 2019).

Vorperian *et al.* (2019) comentam que, embora F1 e F2 geralmente sejam suficientes para estabelecer a identidade fonética das vogais, os formantes mais altos, F3 e F4, enriquecem o sinal acústico da fala e têm sido associados a importantes características da anatomia do trato vocal. Em particular, o terceiro formante F3 está associado à região mais anterior da cavidade oral (FANT e PAULI, 1974 *apud* VORPERIAN *et al.*, 2019), enquanto o F4 está relacionado à descida ou elevação da laringe (SUNDBERG e NORDSTRÖM, 1976 *apud* VORPERIAN *et al.*, 2019), bem como às cavidades faríngea e hipofaríngea (TAKEMOTO *et al.*, 2006). Segundo Vorperian *et al.* (2019), as informações advindas dos quatro primeiros formantes podem auxiliar a esclarecer as relações anatômico-acústicas relevantes para o desenvolvimento vocálico típico e atípico em ambos os sexos, além de que F3 e F4 desempenham papéis importantes na especificação acústica dos sons líquidos, tanto róticos quanto laterais.

Esses formantes também são relevantes para a explicação do *formante do falante*, isto é, a proximidade entre F3 e F4, conforme apontado por Bele (2006) e Leino *et al.* (2011), e do *formante do cantor*, ou seja, o agrupamento de F3 a F5, conforme reportado por Sundberg (1974, *apud* VORPERIAN *et al.*, 2019). Além disso, Vorperian *et al.* (2019) comentam que os formantes mais altos têm sido empregados na identificação de correlatos acústicos de variações nas dimensões do arco maxilar e na investigação dos efeitos de vários procedimentos clínicos (amigdalectomia, tratamento ortodôntico e laringectomia).

Ao considerar a Teoria Acústica da Produção da Fala, é importante observar que as características acústicas de cada som da fala são determinadas pela frequência fundamental (f_0) e seus harmônicos, em interação com os formantes. A vibração das pregas vocais, por fornecer energia sonora com papel funcional essencial para a comunicação, constitui a fonte mais comum para a produção dos sons da fala (BARBOSA e MADUREIRA, 2015). O som gerado por essa fonte sonora é modificado ao atravessar constrições e bifurcações do trato vocal, resultando na emissão das vogais e consoantes (KUHN e MADUREIRA, 2011).

Considerando que este estudo tem como foco nas vogais orais [a], [i] e [u], a seguir descrevem-se suas principais características articulatórias.

2.1.3 Característica acústico-articulatórias das vogais orais [a], [i], [u] no PB

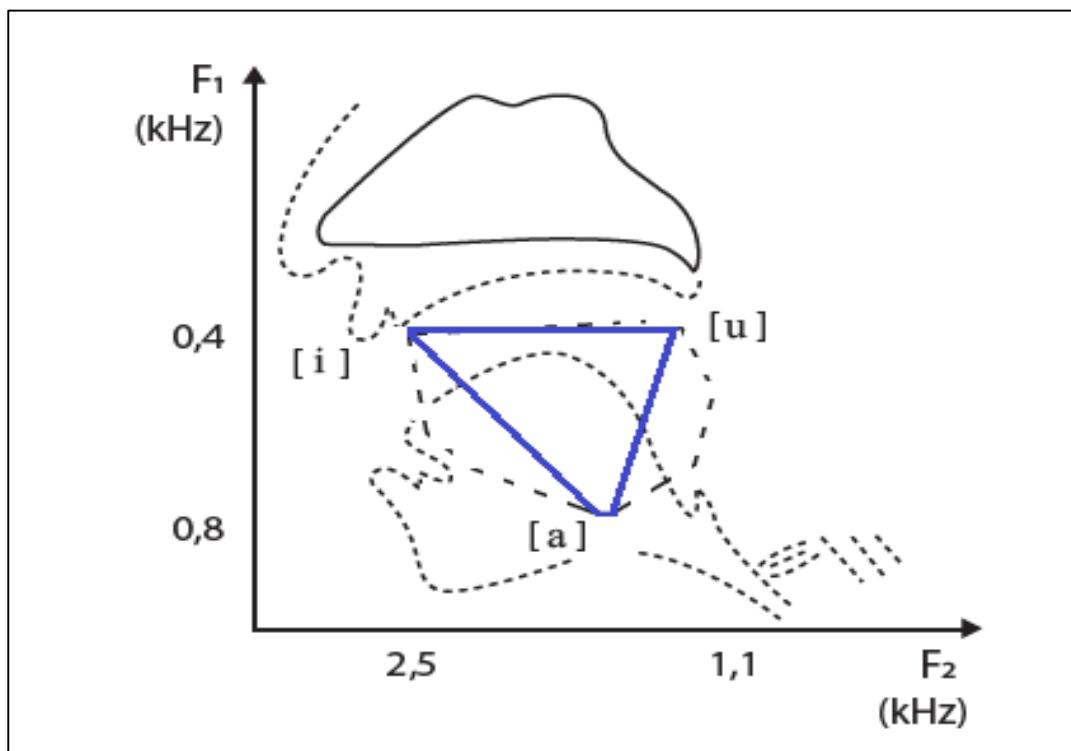
Santos (2013), em um estudo sobre as vogais orais e nasais do português brasileiro e europeu, destacou que a fala está diretamente relacionada às propriedades articulatórias, sendo o sinal acústico o produto final do processo de articulação. Os segmentos vocálicos são, em essência, o resultado da abertura do trato vocal e apresentam uma estrutura de formantes bem definida.

A autora refere que as vogais [a], [i] e [u] ocupam as extremidades do sistema triangular vocálico, originalmente proposto por Hellwag (1781) e posteriormente desenvolvido por Trubetzkoy (1929), ressaltando que essas vogais são as mais acusticamente distintas entre si, o que justifica sua posição nos três vértices do triângulo. Afirma ainda que, do ponto de vista articulatorio, as vogais podem ser caracterizadas por três parâmetros básicos: (i) posicionamento vertical e horizontal da língua na cavidade oral, que envolve altura (alta ou baixa) e movimento (anterior ou posterior); (ii) grau de arredondamento dos lábios (arredondados ou não arredondados); e (iii) abertura ou fechamento do espaço velofaríngeo (oral ou nasal).

O triângulo de Trubetzkoy representa o espaço vocálico com base nesses três parâmetros articulatórios, com cada vértice correspondendo a uma vogal: [a], central e baixa, com ampla abertura oral e lábios não arredondados; [i], anterior e alta, com lábios não arredondados; e [u], posterior e alta, com lábios arredondados. Essa organização permite representar a máxima oposição acústico-articulatória entre essas vogais, evidenciando sua relevância em estudos de inteligibilidade, aquisição da

linguagem e variações fonéticas entre diferentes falantes (SANTOS, 2013).

Figura 1 – Representação acústico-articulatória das vogais orais [a], [i] e [u].



Fonte: Adaptado do quadrilátero vocálico do PB de Russo e Behlau (1993).

Segundo Seara, Nunes e Lazzarotto-Volcão (2011), no português brasileiro, as vogais orais [a], [i] e [u] são produzidas com fluxo de ar egressivo, sem obstrução no trato vocal e com vibração das pregas vocais. Referem que na articulação da vogal [a] a língua encontra-se na posição abaixada, avançada e os lábios permanecem distendidos; que na vogal [i] o dorso da língua se eleva e avança em direção aos alvéolos, com os lábios igualmente distendidos; e que na vogal [u] o dorso da língua se eleva e recua na direção do véu do palato, e os lábios se mantêm projetados.

As vogais são caracterizadas articulatoriamente pela forma do trato vocal e acusticamente pelos seus três formantes mais baixos. Behlau (1984) destacou que os diferentes contextos fonéticos influenciam as vogais de maneiras distintas, provocando deslocamentos nas frequências dos formantes conforme a zona e o modo de articulação, além do traço de sonoridade das consoantes adjacentes, e que os principais elementos que influenciam a identificação de uma vogal são a frequência e a amplitude dos formantes, a frequência fundamental e o contexto fonético. Em seu estudo, Behlau (1984) relatou que não houve dificuldades na extração dos formantes

F1 e F2 das sete vogais orais analisadas, porém, reportou limitações na extração do terceiro formante (F3), especificamente na vogal [u], com maior taxa de falhas na extração em crianças, com aproximadamente 37,7% de ausência, atribuída à baixa energia nas regiões de F1 e F2 e às instabilidades articulatórias comuns na infância, referindo que este dado também foi observado por Stevens e House em 1963, e atribuído às características acústicas específicas da vogal [u] (alto grau de arredondamento dos lábios e posição posterior e fechada) que resultam em formantes de baixa frequência e mais próximos entre si, dificultando sua separação e medição precisa em análises acústicas. Vorperian e Kent (2007) destacam que, na infância, a produção de [u] envolve elevada demanda motora, pois requer o controle simultâneo da retração posterior da língua e da protrusão labial, habilidades que ainda estão em desenvolvimento na primeira infância.

Segundo Santos (2013), os formantes das vogais estão relacionados a características articulatórias específicas. Para a vogal [a], a frequência do primeiro formante (F1) é mais alta, enquanto para as vogais [i] e [u] é mais baixa, refletindo o posicionamento do mais abaixado da língua em [a] e mais elevado em [i] e [u]. Já o segundo formante (F2) se correlaciona com a posição anteroposterior da língua. F2 é alto para [i] (vogal anterior), médio para [a] (vogal central) e baixo para [u] (vogal posterior). Vorperian e Kent (2007) destacam a importância intrínseca das vogais e seu papel central na fala. Os dados acústicos vocálicos oferecem não apenas informações sobre as próprias vogais, mas também fornecem pistas relevantes para a identificação de consoantes, normalização do falante com base nos formantes e auxiliam na análise de padrões prosódicos. Esses aspectos tornam as vogais elementos fundamentais para a compreensão das propriedades acústicas da fala.

Na literatura, a maioria dos estudos foca nas frequências F1 e F2, consideradas cruciais para a caracterização das vogais, evidenciando variações significativas relacionadas a grupos etários e sexos. Embora F3 e F4 sejam menos exploradas, sua análise pode ser relevante para investigar padrões vocálicos mais complexos, como distinções finas entre vogais próximas que não são completamente capturadas por F1 e F2, variações relacionadas a sobreposicionamento mais complexo da língua, lábios ou outras estruturas do trato vocal, ampliando a compreensão das produções vocais (VORPERIAN e KENT, 2007).

Medidas acústicas da fala em crianças e, particularmente, os formantes, refletem vários processos de desenvolvimento, incluindo o crescimento das estruturas do trato vocal, mudanças na geometria relativa dos componentes do trato vocal, maturação do controle motor da fala e convergência para os padrões fonéticos da fala adulta. Esses processos geralmente ocorrem de forma concomitante ou sobrepostos e podem interagir entre si em seus efeitos. Portanto, em crianças, a interpretação fidedigna das medidas acústicas é desafiadora, sendo importante distinguir efeitos biológicos de outros fatores, como aprendizado motor e fonético (VORPERIAN e KENT, 2007). Essas mesmas medidas acústicas da fala em adultos, baseadas em dados normativos de frequências de formantes, desempenham um papel essencial na comparação entre produções vocais normais e aquelas com alterações decorrentes de desordens de fala .

Desta forma, os pressupostos teóricos apresentados sustentam a importância da análise instrumental como método objetivo e não invasivo para investigar as propriedades acústicas da fala, especialmente no que diz respeito à produção vocálica. Fornece o arcabouço necessário para compreender a interação entre a fonte glotal e o trato vocal ressonante, que varia sua configuração influenciado pelas características individuais do falante. Segundo Vorperian *et al.* (2019), as propriedades acústicas da fala variam de acordo com a idade e o sexo dos falantes, e essas diferenças precisam ser consideradas, com destaque para a determinação das relações anatômico-articulatórias-acústicas ao longo da vida e interpretação de dados clínicos de indivíduos com distúrbios de fala. Kent *et al.* (2023) enfatizam a necessidade de dados normativos para uma determinada língua. Esses dados são entendidos como uma variedade de valores que indicam funcionamento na ausência de doença ou comprometimento percebido, sendo essenciais para a análise acústica no campo da fonoaudiologia.

A seguir, são apresentados os estudos prévios que analisaram os parâmetros acústicos da vogais orais [a], [i] e [u] em diferentes faixas etárias para ambos os sexos.

2.2 Estudos prévios dos parâmetros acústicos das vogais orais [a], [i], [u]

Esta subseção apresenta estudos que analisaram a frequência fundamental e os formantes em tarefa de fala, o que garante maior consistência e comparabilidade com os dados do presente estudo. Esse critério evita interferências associadas a diferentes contextos de produção vocal. Os dados são reportados, especificamente, para as vogais [a], [i] e [u].

Neste sentido, Viegas *et al.* (2019) compararam medidas de f_0 , F1 e F2 das vogais orais do PB em duas tarefas: sentença-veículo e vogal sustentada. Incluíram no estudo 80 adultos (homens e mulheres), com idades entre 18 e 40 anos, sem alterações de fala ou voz, da cidade do Rio de Janeiro. Para a extração das vogais em tarefa de fala utilizaram a frase “Fale___para mim” (pápa”, “pépe”, “pêpe”...). Para a análise acústica da VS, solicitaram a emissão de cada vogal por três segundos. Os autores observaram diferenças significativas entre as modalidades, com variações nas médias entre homens (f_0 duas vogais, F1 seis vogais, F2 quatro vogais) e mulheres (f_0 cinco vogais, F1 duas vogais e F2 três vogais). Atribuíram essas diferenças à coarticulação na *sentença-veículo*, que acarreta ajustes musculares e articulatórios distintos dos da vogal sustentada. Referiram que a elevação do complexo hioideo-laríngeo pode afetar a f_0 , enquanto alterações na língua, mandíbula e trato vocal impactam os formantes. Sugeriram que a *vogal sustentada* pode induzir a um maior controle consciente, elevando artificialmente a f_0 , especialmente entre as mulheres. Concluíram que a modalidade de fala influencia os dados acústicos e deve ser considerada por clínicos e pesquisadores. Os valores médios de f_0 , F1 e F2 obtidos por Viegas *et al.* (2019) para as vogais [a], [i] e [u] estão demonstrados no Quadro 1.

Assim, os estudos incluídos foram organizados em literatura nacional e internacional. Foram considerados tanto estudos com populações vocalmente saudáveis quanto aqueles que, ao investigarem populações com alterações, apresentaram dados de grupos controle compostos por sujeitos sem alterações de voz e fala, sendo, por isso, considerados relevantes. para o presente estudo. Inicialmente, são apresentados os estudos que analisaram grupos específicos de falantes, como crianças, adultos e idosos, seguidos daqueles que realizaram comparações entre grupos distintos, da infância à velhivce. Ao final, são sumarizados

os valores das medidas acústicas reportados nos estudos nacionais (Quadro 1) e internacionais (Quadro 2).

2.2.1 Literatura nacional

Viegas *et al.* (2010) analisaram as medidas acústicas f_0 , F1, F2 e F3 das vogais de 50 crianças respiradoras orais em comparação com 101 crianças respiradoras nasais, com idades entre 5 e 10 anos, de ambos os sexos, da cidade do Rio de Janeiro. O objetivo foi verificar se essas medidas acústicas poderiam ser utilizadas como parâmetro de diferenciação diagnóstica. Utilizando o *software* Praat, as amostras de fala foram extraídas da sentença-veículo “Fale__para mim”, preenchidas com os vocábulos “pápa”, “pípi” e “púpu, sendo analisadas as vogais em posição tônica. Apenas na f_0 ocorreu diferença significativa entre os grupos, especificamente, nas vogais [i] e [u]. Crianças respiradoras nasais apresentaram valores mais altos de f_0 que crianças respiradoras orais. Segundo os autores, a f_0 foi a única medida acústica capaz de diferenciar os grupos do estudo, sendo, portanto, uma medida que pode ser considerada nas avaliações clínicas dessa população infantil. Ao propor este estudo Viegas *et al.* (2010) apresentaram valores das medidas acústicas da fala de 101 crianças respiradoras nasais, reportados no Quadro 1.

Em outro estudo, Viegas *et al.* (2015) investigaram as médias dos formantes F1, F2 e F3 das vogais orais do PB na fala de 207 crianças vocalmente saudáveis e sem alterações de fala, com idades entre 4 e 8 anos, de ambos os sexos, da cidade do Rio de Janeiro. A extração das medidas acústicas seguiu a metodologia do estudo de 2010. As crianças foram divididas em quatro grupos etários: (G1) 4 a 4 anos e 11 meses, (G2) 5 a 5 anos e 11 meses, (G3) 6 a 6 anos e 11 meses e (G4) 7 a 7 anos e 11 meses. Observou-se redução significativa nos valores dos formantes entre os grupos etários para as vogais [a] em todos os formantes, e na vogal [i] em F2 e F3. Não houve diferenças significativas para vogal [u] quanto a idade e ao sexo. As maiores diferenças significativas ocorreram entre os grupos (G1-G2) e (G4). Entre (G3) e (G4) as diferenças foram aleatórias. Não houve diferença entre (G1) e (G2), sugerindo o agrupamento dessas faixas etárias. Em relação ao sexo, observaram-se diferenças significativas em F1-F2 de [a], e nos três formantes de [i], com valores médios mais altos nas meninas. O estudo indicou que entre 4 e 8 anos, as vogais [a] e [i] expressam o processo de maturação anatomofuncional do trato vocal, sendo a

vogal [u] menos influenciada pela idade e sexo. Os valores obtidos por Viegas *et al.* (2015) para as vogais [a], [i], [u], para cada faixa etária e sexo, estão demonstrados no Quadro 1.

Silva e Souza (2020) analisaram as diferenças entre os sexos nas medidas de f_0 , F1, F2, F3 e do tempo máximo de fonação (TMF) das vogais na fala de 63 crianças saudáveis, com idade entre 8 e 12 anos (35 meninas e 28 meninos), da cidade de Natal. As vogais foram inseridas na frase “Eu digo__eu digo”. A f_0 foi extraída da vogal [a], enquanto os formantes foram analisados em todas as vogais. As autoras não encontraram diferenças significativas na f_0 , no TMF e nos formantes da vogal [u]. As meninas apresentaram médias significativas maiores em F1 e F2 de [a], e em F1 de [i], enquanto os meninos apresentaram valores mais altos em F2 e F3 de [i]. As autoras sugerem que, nos formantes das vogais [a] e [i], ocorrem ajustes motores diferentes entre os sexos na faixa etária estudada. Os valores obtidos por Silva e Souza (2020) para as vogais [a], [i] e [u], por sexo, estão reportados no Quadro 1.

Miranda e Meireles (2011) verificaram as características acústicas de F1 e F2 das vogais tônicas de 8 falantes português brasileiro (PB) da cidade de Vitória (Espírito Santo) em comparação com 8 falantes do inglês americano (IA) da cidade de Lawrence (Kansas), todos com idades entre 20 e 40 anos, de ambos os sexos. Utilizaram para análise os programas Austyk e Praat, e aplicaram o método Lobanov para normalização dos dados, por compensar as diferenças fisiológicas entre os falantes mantendo suas características dialetais. As vogais foram extraídas do núcleo de palavras monossilábicas lidas em frase-veículo (não especificada) inseridas em contextos fonéticos idênticos ou similares nos dois dialetos. Os autores eferiram que não há correspondência acústica em F1 e F2 entre as vogais tônicas do PB e do IA, com exceção da vogal [ɛ], que apresentou proximidade significativa para F1. Sugeriram que essas diferenças são atribuídas às características prosódicas da fala, ressaltando que o PB mantém um sistema vocálico triangular simétrico, enquanto o IA apresenta um polígono complexo. As medidas de F1 e F2 de oito falantes femininos e masculinos agrupados, para as vogais [a], [i] e [u] são apresentadas no Quadro 1.

Svicero (2012) também investigou falantes adultos do PB, com idade entre 20 e 35 anos, de ambos os sexos, especificamente da variante paulistana, todos saudáveis vocalmente. A autora extraiu os formantes F1, F2, F3 das vogais orais da

sentença “Digo [pVpv] baixinho”, utilizando o *software* Praat. Simultaneamente, sincronizou imagens de ultrassonografia, que permitiram a correlação entre os movimentos articulatórios e as medidas acústicas desses formantes. A autora referiu que os formantes permitiram distinguir os sexos, sendo: F1, o principal discriminador entre as vogais no sexo masculino; F2, entre as vogais no feminino; e F3, foi apontado como o formante mais relevante na diferenciação entre os sexos. De modo geral, mulheres apresentaram valores significativamente mais altos que homens, refletindo um trato vocal mais curto e menor, com exceção de F2 na vogal [u], em que os homens tiveram valores superiores, podendo este resultado estar associado a uma configuração específica do trato vocal masculino que favorece maior ressonância nessa frequência para essa vogal posterior. As imagens de ultrassonografia mostraram melhor delimitação do dorso da língua nos deslocamentos verticais, destacando o potencial do método para descrição articulatória da fala. Os valores médios de F1, F2, F3 obtidos por Svicero (2012) para as vogais [a], [i] e [u] de adultos, para cada sexo, estão demonstrados no Quadro 1.

Já Santos (2017) focou seu estudo na população masculina. Analisou os formantes F1 e F2 das vogais orais PB, nas posições tônica, pré-tônica e pós-tônica, na voz cantada e na voz falada de dez homens adultos jovens, saudáveis, com idades entre 20 e 30 anos. Utilizou o *software* Praat para analisar a estrutura métrica musical, o acento lexical e a duração vocálica das vogais em logatomas organizados em estrofes, produzidos nas duas modalidades. O autor indicou que, na posição tônica, a vogal [a] apresentou valores significativamente mais altos de F1 e F2 na voz cantada, indicando uma possível elevação da mandíbula durante sua produção; a vogal [i] apresentou diferença significativa apenas em F1, sugerindo um leve abaixamento da mandíbula na voz cantada; e a vogal [u] não apresentou diferenças significativas entre as duas modalidades. Dentre os resultados apresentados, em relação a comparação entre canto e fala, o autor referiu que na posição pré-tônica não observou-se diferenças acústicas relevantes entre a fala e o canto, e na posição pós-tônica a vogal [a] exibiu valores menores de F1 e F2 na voz falada, assim como a vogal [i], porém apenas em F2 da fala em comparação à voz cantada. Ao propor este estudo, Santos (2017) apresenta valores de F1 e F2 para dez falantes masculinos (voz falada), sendo os resultados das vogais [a], [i] e [u], em posição tônica, pré-tônica e pós-tônica, apresentados no Quadro 1.

Viegas *et al.* (2023) também investigou a população masculina. Investigou as medidas acústicas f_0 , F1 e F2 das vogais de 60 homens falantes do PB da cidade do Rio de Janeiro, com idades entre 18 e 40 anos, sendo 20 com oclusão de Angle classe II, divisão 1 (grupo má oclusão), e 40 com oclusão de Angle classe I (grupo controle, sem distúrbios de fala ou voz). Assim como nos estudos de 2010 e 2015, as vogais foram extraídas da frase-veículo “Fale___ para mim” (ex. “pápa”, “pépe”), gravada no *software* Praat e, neste estudo, analisada por LPC (*Linear Predictive Coding*). Os autores reportaram diferenças estatisticamente significativas nos valores de f_0 para cinco das vogais estudadas, dentre as quais as vogais [i] e [u], com maiores médias no grupo de estudo (classe II, divisão 1, má oclusão). Observaram valores significativamente mais altos somente para F1 da vogal [a], também no grupo de estudo, e não foram identificadas diferenças nos valores de F2 para nenhuma vogal entre os dois grupos. Os autores sugerem que os valores elevados de f_0 no grupo de má oclusão podem estar relacionados a ajustes musculares compensatórios, como maior tensão longitudinal das pregas vocais, elevação laríngea e posicionamento alterado da língua em decorrência da discrepância maxilomandibular. Em relação aos formantes, sugerem que a elevação do valor de F1 na vogal [a] indica uma redução do espaço posterior da cavidade oral, possivelmente por rebaixamento da língua ou constrição faríngea. Concluem que a análise de parâmetros acústicos deve ser considerada na avaliação fonoaudiológica de indivíduos com má oclusão dentária, especialmente da classe II, divisão 1, pois podem refletir adaptações fisiológicas e articulares na produção de vogais do PB. Ao propor este estudo, Viegas *et al.* (2023), apresentam os valores de f_0 , F1 e F2 para as vogais do PB, para quarenta adultos, falantes masculinos (grupo controle), sendo os resultados das vogais [a], [i] e [u] apresentados no Quadro 1.

Considerando estudos que compararam populações distintas, Behlau (1984) estudou as medidas acústicas f_0 , F1, F2 e F3 das vogais orais e nasais em 90 falantes distribuídos em três grupos: 30 crianças (15 meninos e 15 meninas), com idades entre 8 e 12 anos; 30 homens; e 30 mulheres, ambos com idades entre 18 e 45 anos, todos vocalmente saudáveis da cidade de São Paulo. O estudo também contou com 90 sujeitos ouvintes. Os falantes realizaram duas tarefas: (1) emissão de vogal sustentada por 8 segundos, para a extração da frequência fundamental (f_0); e (2) leitura de palavras monossilábicas de estrutura consoante-vogal-consoante ([p] e [s],

ex.: pas), para a extração dos formantes vocálicos. Segundo a autora, a consoante [p] foi escolhida por sua baixa variação articulatória no PB, estabilidade fonética e aquisição precoce, formando em contextos como /p_s/, um ambiente com mínima interferência articulatória. Os ouvintes foram orientados a escutar as gravações e identificar a emissão em folha-resposta para análise do “nível de confusão” entre os monossílabos. As médias das frequências foram obtidas por inspeção visual no ponto mediano da vogal, medido em folha milimetrada. Em relação aos formantes, a autora concluiu que: (i) as vogais orais tem distribuição poligonal semelhantes à de outras línguas, como o inglês, em razão da proporção constante entre F2/F1 que preserva a identidade fonética de uma vogal; (ii) existe diferença entre os valores absolutos dos formantes entre crianças e adulto, sendo o valor das crianças mais alto (agudo), e existe diferença entre mulheres adultas e homens, sendo o valor das mulheres mais alto que o dos homens, atribuindo ambos os fatos às características individuais de emissão; e (iii) a vogal [u] foi a de maior dificuldade de medida espectrográfica, com ausência de registro em 37,7% da amostra, podendo F3 estar ausente em 1/3 da população, dado que a autora discutiu na comparação com sua correspondente nasal [ũ], permanecendo a vogal oral como de maior ocorrência. Os valores médios de F1, F2 e F3 das vogais [a], [i] e [u] obtidos por Behlau (1984) para as 30 crianças (ambos os sexos), 30 mulheres e 30 homens são apresentados no Quadro 1.

Soares (2009), por sua vez, investigou a f_0 e os formantes F1 e F2 das vogais orais em três grupos-alvo: (a) seis parkinsonianos; (b) seis sujeitos sem transtorno neurológico, ambos com idade acima de 50 anos; e (c) quatro adultos jovens saudáveis, com idade média de 30 anos, todos de ambos os sexos. As vogais foram analisadas na posição tônica em palavras trissílabas, geralmente posicionadas no final das sentenças. A autora referiu que entre os sujeitos sem alterações neurológicas ocorreu uma diminuição na f_0 entre mulheres adultas jovens e idosas, e em homens houve um aumento na f_0 , resultando em aproximação dos valores entre os sexos. Nos sujeitos parkinsonianos, essas alterações foram mais acentuadas, sugerindo serem decorrentes da rigidez e instabilidade da musculatura laríngea. A autora propõe que as alterações na fala dos sujeitos parkinsonianos não são apenas produto da degeneração neuroquímica e muscular, mas também refletem adaptações compensatórias articulatórias, como a diminuição da movimentação vertical e dificuldades na elevação do dorso da língua. Tais adaptações impactam diretamente

os valores de F1 e F2 e, conseqüentemente, a inteligibilidade da fala, indicando menor mobilidade da língua e articulação menos precisa. O estudo apresenta os valores de f_0 , F1 e F2 das vogais [a], [i] e [u] para jovens adultos e idosos (grupo controle), que podem ser verificados no Quadro 1.

Rinaldi (2010) comparou os valores dos formantes F1, F2 e F3 das vogais [a], [i] e [u] de nove crianças (cinco meninas e quatro meninos, 5–7 anos, sem alterações vocais ou de fala) da cidade de Campinas com os de uma mulher adulta. Analisou as vogais precedidas por todas as consoantes plosivas e fricativas em palavras dissílabas paroxítonas, nas posições tônica e pós-tônica, inseridas na frase veículo “Digo __ volte atrás”. As medidas, extraídas com o *software* Praat, foram reportadas, para as crianças, independentemente do sexo, pois não houve diferenças significativas entre meninas e meninos. Os resultados indicaram que: (i) F1 diferenciou a vogal [a] das vogais [i] e [u], refletindo a altura e abertura da boca; (ii) F2 distinguiu as três vogais, por representar a posição da língua no plano horizontal; (iii) F3 distinguiu a vogal [i] das vogais [u] e [a], relacionando o valor ao alongamento e tensionamento da cavidade vocal; e (iv) as crianças apresentaram valores mais elevados que a mulher adulta para todas as vogais e parâmetros, fato atribuído ao menor tamanho do trato vocal das crianças. A dispersão de F2 variou conforme a consoante precedente, sendo maior após palatais, sugerindo efeito de coarticulação. Os valores médios de F1, F2 e F3 para crianças e para uma mulher adulta estão apresentados no Quadro 1.

Brod e Seara (2013) analisou os formantes F1 e F2 de 20 crianças com idades entre 10 e 12 anos, e 20 adultos com idades abaixo de 30 anos, da cidade de Florianópolis, igualmente distribuídos entre os sexos feminino e masculino, sem alterações vocais e de fala. As vogais foram extraídas de palavras inserida na frase-veículo “Digo __baixinho”. A amostra adulta incluiu também a sentença veículo “Pepe” (“Em pepe e pepo temos ê”), na qual as vogais destacadas indicam a vogal-alvo. Para extração e análise acústica foi utilizado o *software* Praat e o método Labanov para normalização dos dados (que reduz efeitos fisiológicos). As autoras referem que, ao controlar as variações fisiológicas e considerar apenas as diferenças linguísticas entre os grupos, confirmaram uma tendência já apontada na literatura: uma redução nas frequências de ressonância para todas as vogais analisadas em função da idade. Ao considerar somente as vogais [a],[i] e [u] as crianças

apresentaram valores mais altos de F1 [a], sugerindo uma produção mais aberta e centralizada para essa vogal. Em F2, apresentaram valores mais baixos para [i], indicando uma produção menos precisa, e valores mais baixos para a vogal [u], sugerindo uma produção com menor avanço de língua e maior centralização. As diferenças foram significativas especialmente para F1 e F2 da vogal [a] e F2 da vogal [u], em ambos os sexos. Os resultados mostram que as crianças tendem a produzir vogais mais centralizadas e menos articuladas, em comparação com adultos. Um aumento no padrão duracional ocorreu na fala adulta. O estudo apontou para uma redução de F1 e F2 para todas as vogais em função da idade e para uma maior estabilidade na duração das vogais na vida adulta. Os valores médios do estudo Brod e Seara (2013) para o F1 e F2 das vogais [a], [i] e [u] são organizados no Quadro 1.

Sumarizando, em relação à idade, os estudos nacionais revisados apontam que crianças apresentam valores mais altos de f_0 e formantes em comparação a adultos, refletindo características anatômicas e fisiológicas do trato vocal em desenvolvimento. Essa tendência foi observada por Behlau (1984), que verificou maiores valores dos formantes em crianças de 8 a 12 anos, em comparação a adultos jovens. Rinaldi (2010) também reportou valores mais elevados de F1, F2 e F3 em crianças entre 5 e 7 anos, em relação à fala de uma mulher adulta. Além disso, Viegas *et al.* (2015) demonstraram que entre grupos de crianças de 4 a 8 anos, há redução dos formantes com o aumento da idade, e que as mudanças relacionadas à idade nem sempre ocorrem de forma linear, especialmente no período de 5 a 7 anos e 11 meses. Diferindo desses estudos, Brod e Seara (2013) propõem a normalização dos dados, a fim de controlar as variações fisiológicas e, portanto, considera apenas as diferenças linguísticas entre crianças e adultos. As autoras confirmaram uma tendência já apontada na literatura: uma redução nas frequências para todas as vogais analisadas em função da idade. As diferenças entre os dados normalizados apresentaram, recorrentemente, valores mais elevados para os adultos do que para as crianças. As autoras inferem que as diferenças de altura (F1) e avanço e recuo de língua (F2) entre adultos e crianças parecem ser justificadas por um período de refinamento articulatório presente na produção de vogais.

No que diz respeito ao sexo, os estudos de Viegas *et al.* (2010, 2015, 2019, 2023), Silva e Souza (2020) e Svicero (2012) indicam que há diferenças nos valores dos formantes entre meninos e meninas, assim como entre homens e mulheres

adultas. De forma geral, os estudos apontam que mulheres apresentam valores mais altos de F1 e F2, o que é atribuído à menor dimensão do trato vocal e maior anteriorização da língua na cavidade oral. Silva e Souza (2020) observaram, em crianças entre 8 e 12 anos, que meninas apresentaram valores mais altos de F1 para [a] e [i], enquanto os meninos apresentaram F2 e F3 mais elevados para [i], indicando padrões articulatórios distintos na produção dessas vogais. Svicero (2012) reforçou esses achados ao apontar F1 como principal discriminador no sexo masculino, F2 no feminino e F3 como o mais sensível para diferenciar os sexos, destacando ainda uma exceção na vogal [u], cuja F2 foi mais alta nos homens. Esse comportamento da vogal [u] também foi observado por Behlau (1984) e Viegas *et al.* (2023), reforçando a hipótese de que essa vogal apresenta maior variabilidade de produção.

O formante F3 foi considerado um importante marcador acústico para a diferenciação entre sexos em vários estudos (MEDEIROS, 2002; RINALDI, 2010; SVICERO, 2012; VIEGAS *et al.*, 2010, 2015; SILVA e SOUZA, 2020), por refletir a configuração mais fina do trato vocal, sensível às diferenças anatômicas e funcionais entre homens e mulheres. Por fim, no estudo de Soares (2009), o grupo controle de idosos, manteve a diferenciação típica entre os sexos, com f_0 mais baixo para o sexo masculino que no feminino.

A seguir, o Quadro 1 sintetiza os principais achados dos estudos, referindo autor, parâmetros acústicos, vogal, faixa etária, sexo e *softwares* empregado.

Quadro 1 – Valores das médias das medidas acústicas de interesse (f_0 , F1, F2, F3) das vogais orais[a], [i] e [u], dos estudos apresentados na subseção literatura nacional.

Autor/Ano Software	População Faixa Etária	Vogal	f_0 (Hz)		F1 (Hz)		F2 (Hz)		F3 (Hz)	
			Feminino	Masculino	Feminino	Masculino	Feminino	Masculino	Feminino	Masculino
Behlau (1984) Espectrógrafo V.I. 700	8 – 12 anos (sexos agrupados) N=	[a]	-	-	1086		1721		2873	
		[i]	-	-	698		2825		3347	
		[u]	-	-	913		1295		2793	
	18 – 45 anos	[a]	-	-	956	807	1634	1440	2721	2524
		[i]	-	-	628	563	2712	2339	3349	2995
		[u]	-	-	803	715	1317	1222	2602	2520
Medeiros (2002) CSL	23 - 40 anos	[a]	-	-	932	-	1460	-	2802	-
		[i]	-	-	313	-	2502	-	3169	-
		[u]	-	-	357	-	743	-	2920	-
Soares (2009) CSL	62-72 anos (grupo controle) F=3 M=3	[a]	-	-	768	650	1578	1519	-	-
		[i]	-	-	321	288	2403	2047	-	-
		[u]	-	-	311	281	1124	1142	-	-
Rinaldi (2010) Praat	5 – 7 anos (sexos agrupados)	[a]	-	-	940		1828		3144	
		[i]	-	-	407		2652		3483	
		[u]	-	-	437		1312		3214	
	Mulher Adulta Jovem	[a]	-	-	881	-	1545	-	2548	-
		[i]	-	-	374	-	2444	-	3093	-
		[u]	-	-	414	-	960	-	3093	-
Viegas <i>et al.</i> (2010) Praat	5 – 10 anos (sexos agrupados)	[a]	245		979		1847		3401	
		[i]	272		333		2997		3722	
		[u]	276		463		1838		3885	
Miranda <i>et al.</i> (2011) Praat	18 – 40 anos (sexos agrupados)	[a]	-	-	773		1413		-	-
		[i]	-	-	348		2163		-	-
		[u]	-	-	357		934		-	-
Svicero (2012) Praat	20 – 35 anos	[a]	-	-	996	803	1489	1204	2772	2638
		[i]	-	-	325	273	2695	2111	3515	3072
		[u]	-	-	416	400	895	1242	3002	2650
Broad e Seara* (2013) Praat	10 – 12 anos	[a]	-	-	573	572	1428	1385	-	-
		[i]	-	-	335	330	1985	2005	-	-
		[u]	-	-	348	351	1011	1134	-	-
	Adulto < 30 anos	[a]	-	-	662	620	1503	1478	-	-
		[i]	-	-	338	337	1997	2005	-	-
		[u]	-	-	353	355	1134	1134	-	-
Viegas <i>et al.</i> (2015) Praat	5 – 5a11m	[a]	-	-	1256	1010	2141	1889	3528	3536
		[i]	-	-	351	363	3176	3073	3945	3849
		[u]	-	-	478	482	1539	1580	3948	3850
	6 – 6a11m	[a]	-	-	1131	934	2063	1814	3476	3480
		[i]	-	-	355	325	3105	3014	3856	3665
		[u]	-	-	495	472	1771	1604	3976	3797
	7 – 7a11m	[a]	-	-	1048	870	1914	1668	3402	3326
		[i]	-	-	360	319	3036	2999	3760	3738
		[u]	-	-	453	433	1583	1630	3796	3708
Santos (2017) Praat	20 - 30 anos	tônica	[a]	-	-	-	720	-	1230	-
			[i]	-	-	-	300	-	2100	-
			[u]	-	-	-	350	-	885	-
		pré-tônica	[a]	-	-	-	679	-	1245	-
			[i]	-	-	-	325	-	1985	-
			[u]	-	-	-	374	-	990	-
		pós-tônica	[a]	-	-	-	575	-	1090	-
			[i]	-	-	-	350	-	1830	-
			[u]	-	-	-	400	-	845	-
Viegas <i>et al.</i> (2019) Praat	18 – 40 anos	[a]	192	116	945	795	1598	1304	-	-
		[i]	210	132	306	313	2763	2236	-	-
		[u]	222	136	417	351	747	721	-	-
Silva e Souza (2020) Praat	8 – 12 anos	[a]	226	227	1050	969	719	704	591	508
		[i]	-	-	1661	1578	1818	1942	2756	2908
		[u]	-	-	529	508	1662	1980	3078	3166
Viegas <i>et al.</i> (2023) Praat	18 – 40 anos (grupo controle)	[a]	-	116	-	720	-	1255	-	-
		[i]	-	131	-	266	-	2180	-	-
		[u]	-	136	-	308	-	668	-	-

Legenda: f_0 : frequência fundamental; F1: primeiro formante; F2: segundo formante; F3: terceiro formante; Hz: Hertz; F: sexo feminino; M: sexo masculino *Nota: Broad e Seara (2013), dados normalizados. Fonte: Elaborado pela autora, 2025.

2.2.2 Literatura internacional

Nesta subseção apresentamos estudos focados na infância (ex.: BENNETT, 1981; BUSBY e PLANT, 1995; CARTEI *et al.*, 2013; YOON e HA, 2022; COTO-JIMÉNEZ *et al.*, 2020), estudos que analisaram adultos em diferentes estilos de fala ou grupos etários (ex.: KUO e WEISMER, 2016; WATSON e MUNSON, 2007; LEUNG *et al.*, 2020). investigações em línguas não inglesas (ex.: ESCUDERO e BOERSMA, 2009; ALBUQUERQUE, 2019; TYKALOVA *et al.*, 2020) Entre os trabalhos selecionados, destacam-se estudos com grandes amostras que contemplam diversas faixas etárias (ex.: PETERSON e BARNEY, 1952; LEE *et al.*, 1999; ASSMANN e KATZ, 2000; EICHHORN *et al.*, 2018; VORPERIAN *et al.*, 2023). Os principais achados são apresentados no Quadro 2.

Peterson e Barney (1952) analisaram f_0 , F1, F2 e F3 das vogais em 76 falantes do inglês americano (15 crianças, 28 mulheres e 33 homens) e realizaram análise perceptual com 70 ouvintes sobre os monossílabos emitidos. Concluíram que crianças apresentam valores mais altos de f_0 e formantes, seguidas por mulheres, e que homens exibem os valores mais baixos. Essa variação foi atribuída ao desenvolvimento anatômico do trato vocal e à maturação articulatória. As medidas variaram significativamente entre falantes de um mesmo grupo, sugerindo que, mesmo com dialeto compartilhado, há diferenças individuais. Sons como [i] foram identificados com alta acurácia, enquanto outros, como [æ], tiveram menor reconhecimento, reforçando a relação entre configuração articulatória e inteligibilidade. O estudo permanece uma referência na análise acústica e perceptual de vogais. Os valores médios obtidos para [a], [i] e [u] em crianças, mulheres e homens estão apresentados no Quadro 2..

Bennett (1981) analisou os formantes F1 a F4 em 42 crianças (23 meninos e 19 meninas), com idades entre 7 e 8 anos, falantes do inglês americano, vocalmente saudáveis. Investigou as diferenças sexuais nas frequências formantes e sua relação com índices de tamanho corporal. As vogais foram extraídas do contexto consonantal “dVd” (ex.: did) dentro da frase veículo “*I will say d_d again*”. O autor chamou atenção para as dificuldades encontradas na extração da vogal [u], sendo: (a) F2 com muita variabilidade e inconsistência; (b) F3 e F4 frequentemente mal definidas. Justificou que, dada as dificuldades, todas as vogais [u] foram excluídas do estudo. Os

resultados deste estudo indicam que: (i) meninos apresentam formantes em média cerca de 264 Hz mais baixos que as meninas, evidenciando um dimorfismo vocal bem definido em crianças de 7 a 8 anos, com diferença média aproximada de 10%; (ii) meninas tendem a produzir vogais com maior abertura bucal, refletida em valores mais altos de F1, possivelmente devido a diferenças anatômicas do trato vocal, especialmente na faringe, além de comportamentos articulatórios sexuais específicos; (iii) a vogal /i/ mostrou a menor distinção entre os sexos, refletindo sua complexidade acústica e articulatória; (iv) a magnitude das diferenças sexuais variou segundo o formante e a vogal, sendo mais acentuada em F2, F3 e F4, que apresentaram fortes correlações com medidas corporais (altura sentado e em pé, peso, circunferência do pescoço), indicando que o maior tamanho corporal masculino está associado a um trato vocal maior e, conseqüentemente, a ressonâncias mais baixas; (v) alguns formantes infantis situaram-se em regiões típicas do sexo oposto, indicando variações individuais provavelmente originadas de diferenças articulatórias, comportamentais e ambientais, o que ocasiona sobreposição acústica entre os sexos em certos casos; (vi) as medidas corporais foram significativamente relacionadas aos valores formantes, explicando entre 26% e 75% da variância nos dados, reforçando o papel do tamanho do trato vocal no dimorfismo vocal sexual; e (vii) essas diferenças vocais em crianças desafiam a suposição de ausência de sinais sexuais antes da puberdade, revelando que as distinções resultam principalmente de fatores anatômicos, potencializados por comportamentos articulatórios específicos. Os valores médios das frequências (F1 a F4) obtidas por Bennett (1981) para as vogais orais [a], [i] e [u] de crianças, estão demonstrados no Quadro 2.

Busby e Plant (1995) analisaram f_0 , F1, F2 e F3 das vogais produzidas por 40 crianças saudáveis, falantes do inglês australiano, ampliando a faixa etária analisada em estudos prévios, aos incluir crianças de 5 à 11 anos. O grupo foi composto por 20 meninas e 20 meninos, distribuídos igualmente em quatro faixas etárias: 5, 7, 9 e 11 anos. As palavras-alvo foram inseridas na frase-veículo “*I can see a ____*”. Os resultados revelaram efeitos principais significativos para vogal, idade e gênero na maioria das variáveis acústicas, exceto para o efeito de gênero sobre f_0 ; houve interações significativas entre gênero $\times$ idade para f_0 , F2 e F3, indicando que o gênero contribui para variações etárias, e interações entre vogal $\times$ gênero e vogal $\times$ idade para F1 e F2, sugerindo que os efeitos de idade e gênero nessas frequências variam

de acordo com a vogal. Os autores não apresentaram os valores médios das medidas. De modo geral, concluíram que (i) os valores de f_0 , F1, F2 e F3 tendem a diminuir com o avanço da idade; (ii) o gênero, nos valores de F1 e F2 foram consistentemente mais altos em meninas do que em meninos; (iii) para f_0 , não foram identificadas diferenças significativas entre os sexos. Atribuíram essas mudanças ao crescimento anatômico do trato vocal, observando que vogais abertas/baixas, produzidas com maior abertura da boca e trato menos restrito, são mais sensíveis a diferenças de idade e gênero, e que a diminuição de f_0 com a idade decorre do crescimento das pregas vocais, sem diferenças claras entre meninos e meninas pré-púberes. Os valores médios das frequências (f_0 , F1, F2 e F3) obtidas por Busby e Plant (1995) para as vogais orais [a], [i] e [u] de crianças, não foram apresentados pelos autores.

Já, Cartei *et al.* (2014) focam em analisar a capacidade de crianças pré-púberes (6 a 9 anos), falantes do inglês britânico, de controlar parâmetros acústicos da voz relacionados ao sexo, como frequência fundamental (f_0) e formantes em suas vozes habituais. O estudo incluiu 34 crianças (15 meninos e 19 meninas), falantes nativas de inglês britânico, todas saudáveis. As gravações ocorreram em uma sala silenciosa, utilizando um gravador portátil, e envolveram nove vogais do inglês britânico inseridas em palavras consoante-vogal-consoante. As crianças leram as palavras-alvo em sua voz habitual e, depois, foram instruídas a soar "como um menino" ou "como uma menina", permitindo avaliar as modificações nas frequências vocais. As análises acústicas foram realizadas na porção estável de cada alvo, com script do *software* Praat para processamento em lote. Os autores referiram que em voz habitual, (i) a f_0 entre meninos (249,10 Hz) e meninas (249,60 Hz) é semelhante, indicando que as crianças não utilizam essa medida como marcador de sexo; (ii) quando as crianças são instruídas a modificar suas vozes, ajustaram f_0 , diminuindo para soar como meninos (quando são meninas) e aumentando para soar feminino (quando são meninos). Os autores não reportaram os valores médios dos formantes. Referiram que os meninos apresentam um espaçamento médio dos formantes 43 Hz mais baixo que às meninas, e um valor médio de *formant spacing* em torno de 1313Hz na condição natural da voz, que era significativamente menor do que o das meninas, indicando que os meninos falam com um espaçamento formante mais estreito, sugerindo um trato vocal comportamentalmente ajustado para soar mais masculino, apesar da ausência de diferenças anatômicas significativas pré-puberdade. Os

autores concluíram que crianças pré-púberes são capazes de controlar parâmetros acústicos da voz, como a f_0 e o espaçamento dos formantes para modificar a expressão vocal do gênero, quando solicitadas. Os autores sugerem que esse controle vocal pode ser influenciado por contextos sociais, como a presença de pares do mesmo sexo, e que as crianças possuem habilidade motora e controle articulatório suficientes para modificar o trato vocal e, conseqüentemente, os parâmetros acústicos associados ao gênero, mesmo antes das mudanças anatômicas da puberdade.

Assmann e Katz (2000) por sua vez, estudaram crianças e adultos saudáveis, falantes do inglês americano. Analisaram as medidas acústicas f_0 , F1, F2 e F3 em 12 vogais produzidas por 50 falantes (30 crianças com 3, 5 e 7 anos, 20 adultos com 10 mulheres e 10 homens sem idade especificada). Ainda, participaram nove adultos ouvintes, com audição normal, como avaliadores da inteligibilidade das vogais. Foram analisadas 72 amostras infantis e 144 adultas. As gravações seguiram recomendações da literatura, com delimitação visual do início e fim das vogais extraídas de sílabas no padrão consoante-vogal-consoante. Os autores observaram as seguintes diferenças estatisticamente significativas: (i) entre falantes $\times$ condição $\times$ vogais, com maior variabilidade de f_0 e menor inteligibilidade nas crianças; (ii) redução média de 12% na identificação das vogais quando todos os formantes, além da f_0 , foram mantidos constantes, evidenciando que a variação temporal dos formantes é essencial para a percepção da vogal; (iii) F1 mais alta e F2 e F3 mais variável nas crianças, dificultando a identificação das vogais e contribuindo para a complexidade da produção vocal. Os autores discutem que as diferenças acústicas observadas nas vogais infantis refletem as diferenças anatômicas e fisiológicas relacionadas ao dimorfismo entre crianças e adultos, o que torna a produção mais complexa e menos estável, mas que, a importância da dinâmica do formante na identificação da vogal se mantém constante, independentemente dessas diferenças. Os valores médios das frequências (f_0 , F1–F3) das vogais orais [a], [i] e [u], em crianças e adultos, conforme apresentados por Assmann e Katz (2000) estão exibidos no Quadro 2.

Whiteside e Hodgson (2000) investigaram a fala de 29 crianças, com idades de 6, 8 e 10 anos, em comparação com a fala de 9 adultos falantes do inglês americano, todos os sujeitos saudáveis e igualmente distribuídos entre os sexos. Utilizaram para coleta da emissão das vogais a tarefa de nomeação de imagens, e para as análises

dos dados o *software* Kay CSL. Investigaram os efeitos da idade, sexo e suas interações sobre os formantes F2 e F3 e sobre os parâmetros temporais. Os autores reportaram (a) reduções nos formantes com a idade; (b) diferenças sexuais, com formantes mais altos em meninas; e (c) interações entre idade e sexo. Observaram ainda que as crianças mais novas apresentaram pausas maiores e menor taxa de articulação, e que, as correlações entre formantes indicaram desenvolvimento motor-perceptivo não linear. Os autores concluíram que as diferenças observadas se devem tanto ao crescimento físico do trato vocal quanto ao desenvolvimento das habilidades de fala e percepção, o que ajuda a entender melhor o desenvolvimento da fala na infância.

Enquanto os estudos até então focaram em crianças, adolescentes ou adultos, Watson e Munson (2007) analisaram as características acústicas das vogais em 10 idosos com média de idade de 76 anos (5 homens e 5 mulheres) em comparação com 10 adultos jovens com média de idade de 23,4 anos (5 homens e 5 mulheres), todos falantes do inglês americano, saudáveis. Os valores dos formantes F1 e F2 foram extraídos automaticamente pelo *software* Praat, e corrigidos manualmente quando identificados *outliers*. Os autores indicaram que adultos mais velhos apresentam valores de F1 mais baixos e configuração de espaço vocálico mais amplo e menos alto, sugerindo que, embora a força de produção de fala possa ser reduzida em adultos mais velhos, isso não parece impactar a forma das vogais. Reportaram que, embora haja diferenças na produção vocal entre os grupos etários, a densidade de vizinhança e a frequência das palavras influenciam a dispersão das vogais de maneira semelhante em ambos. A hipótese dos autores para esses resultados é que as mudanças vocálicas observadas em adultos mais velhos refletem variações na pronúncia conservadora e não são fruto de limitações fisiológicas ou de mudanças na influência de fatores lexicais na produção da fala. Os valores médios dos formantes F1 e F2, obtidos por Watson e Munson (1995), para as vogais [a], [i] e [u] de jovens e idosos, não foram apresentados pelos autores.

Escudero e Boersma (2009), por sua vez, investigaram as características acústicas (f_0 , F1 e F2) das vogais do português europeu (PE) em comparação com o PB. O estudo contou com 40 falantes (20 de São Paulo e 20 de Lisboa), com idade entre 18 e 30 anos, todos saudáveis e sem alterações de fala ou voz. Foram analisadas sete vogais orais produzidas em sequências dissilábicas de

pseudopalavras, criadas com as consoantes (/p, t, k, f, s, z/), inseridas em duas posições frasais e isoladas, sendo a primeira sílaba tônica (ex.: pepo e saso) e a segunda átona, e continha apenas três vogais possíveis (/ɛ, e, o/). Para as gravações e análises foi utilizado o *software* Praat, com correções manuais, especialmente em vogais posteriores. Os autores destacaram diferenças acústicas significativas entre as vogais do PB e do PE, sendo: (i) as médias de f_0 foram mais altas no PB em comparação ao PE, tanto no sexo feminino como no masculino, indicando diferenças nos padrões entonacionais e prosódicos entre os dialetos; (ii) a média da f_0 das mulheres foi maior do que a dos homens em ambos os dialetos, o que foi interpretado pelos autores como um padrão universal para o sexo feminino, provavelmente determinado fisiologicamente e com pouca influência cultural; (iii) F1 apresentou valores mais altos no PB, com destaque para a vogal [a], sugerindo maior abertura e centralização das vogais neste dialeto; (iv) F2 indicou que a vogal [u] foi menos frontalizada no PB, sendo referida como uma característica dialetal marcante; (v) no PB as vogais tônicas são mais longas do que o PE, sendo este dado referido como importante para a percepção e distinção das vogais entre os dois dialetos; (vi) os fatores sexo, dialeto e tarefa de fala influenciaram as medidas acústicas de maneira significativa, sugerindo que diferenças anatômicas e dialetais afetam o posicionamento vocálico em múltiplos níveis acústicos. Os autores concluem que as vogais do PB e PE compartilham características acústicas universais (duração, f_0 na identificação da vogal), além de apresentarem fenômenos específicos da língua, com diferenças dialetais observadas, particularmente, na duração das vogais tônicas e na proximidade entre vogais médias em diferentes variantes do português. Ao propor este estudo, Escudero e Boersma (2009), apresentam os valores de f_0 , F1 e F2 para as vogais do PE e PB, para vinte adultos, de ambos os sexos, sendo os resultados das vogais orais [a], [i] e [u], apresentados no Quadro 2.

Por outro lado, Kuo e Weismer (2016) analisaram a produção vogal de adultos, as características acústicas (F1, F2 e F3) de quatro vogais tensas e quatro vogais laxas do inglês americano em diferentes estilos de fala (clara, citação, leitura e conversação), permitindo uma análise detalhada das variações na produção vocal. O estudo incluiu 10 homens, com idades variando de 18 a 31 anos, todos vocalmente saudáveis. As gravações foram realizadas em um ambiente controlado, utilizando um *software* TF32, que permitiu medições precisas das frequências dos formantes. Os

participantes produziram as vogais em contextos de palavras monossilábicas e em contextos de consoante-vogal-consoante (CVC), a exemplo, “*bit*”, em quatro diferentes estilos de fala: fala clara (articulação cuidadosa), fala de citação (lê frases de maneira formal e deliberada), leitura (o falante segue um *script*) e conversação (fala natural). Um total de 4319 palavras foram coletadas, e as medições acústicas realizadas no ponto médio do núcleo vocálico. Os autores referiram que (i) as frequências médias dos formantes variaram conforme o estilo de fala; (ii) a “fala clara” apresentou a menor redução na duração das vogais; (iii) na “fala de citação” ocorreu redução maior do tempo de duração da vogal do que na “fala clara”, mas ainda relativamente controlada; (iv) na “leitura” a redução das vogais foi maior do que na “fala de citação”; (v) e na “conversação”, ocorreu a maior redução no tempo de duração vocálica, com as vogais sendo produzidas de forma mais centralizada. Os autores concluem que, à medida que os falantes passavam de uma fala clara para uma fala mais casual (conversacional), os formantes se afastavam dos alvos de referência, indicando uma redução das vogais. Argumentam que dados sobre as variações normais na produção das vogais em vários modos de fala, preenche lacunas nas referências para populações saudáveis. Ao propor este estudo, Kuo e Weismer (2016) apresentam os valores de F1-F3 para as vogais do PB, para dez homens adultos, sendo os resultados das vogais orais [a], [i] e [u], apresentados no Quadro 2.

Vorperian *et al.* (2019), investigaram as medidas acústicas (f_0 , F1-F4) na fala de 190 falantes típicos do inglês americano (97 meninas e 93 meninos), com idades entre 4 e 20 anos. As palavras foram produzidas de forma isolada, sem inserção em frase-veículo. As análises acústicas foram feitas com os *softwares* Praat e TF32. Os valores da f_0 e dos formantes foram extraídos em pontos definidos com base nas características acústicas mais representativas de cada vogal. Os autores referiram (i) decréscimo da f_0 e dos formantes com o aumento da idade, mais pronunciado em meninos; (ii) diferenças entre os sexos desde os 4 anos, especialmente em F2 e F4, com variações específicas por vogal; (iii) que F3 e F4 foram mais sensíveis às diferenças sexuais do que F1 e F2. Em geral, os meninos apresentaram valores mais baixos de formantes do que as meninas, ampliando-se essa diferença na adolescência, refletindo a maturação anatômica do trato vocal. Houve uma tendência de redução da variabilidade intra e interindividual com o avanço da idade, refletindo tanto o desenvolvimento anatômico quanto o refinamento do controle motor da fala.

Em estudo com falantes coreanos, Yoon e Ha (2022) investigaram a produção vocálica de crianças saudáveis vocalmente, com idades entre 2 e 6 anos (10 meninos e 10 meninas). As crianças nomearam vocábulos comuns a partir da apresentação de imagens em um computador; em caso de dificuldade, um assistente forneceu o modelo para repetição. Também participaram do estudo, como ouvintes, 20 adultos (6 homens e 14 mulheres), com cerca de 20 anos. Esses ouvintes foram distribuídos aleatoriamente em cinco grupos, com o objetivo de verificar se distinções acústicas, como as diferenças relacionadas ao sexo, eram percebidas pelos adultos. Foram produzidas sete vogais tônicas e 19 consoantes em palavras monossilábicas. O *software* Praat foi utilizado para extrair a f_0 e os formantes F1 e F2. Os resultados indicaram que (i) quanto à f_0 , os meninos apresentaram valores ligeiramente mais altos em comparação às meninas, embora essa diferença não tenha sido significativa para crianças com menos de 7 anos; (ii) o sexo teve um efeito significativo sobre os formantes F1 e F2; (iii) os meninos tendem a produzir F1 [a], vogal baixa, mais baixo, sugerindo que eles abrem a boca de forma diferente, indicando variações articulatórias entre os sexos; (iv) meninos apresentam F2 [i], vogal alta, mais baixo, indicando uma produção desta vogal mais posterior que meninas; (v) meninos têm valores de F1 [u], vogal fechada, mais baixos que meninas, embora não tenha apresentado diferença significativa na posição anterior-posterior (F2) desta vogal. De modo geral, meninos e meninas apresentaram diferenças nos formantes das vogais, refletindo características físicas e articulatórias distintas. Os autores observaram que as vogais [a] e [i] mantiveram suas características típicas e foram corretamente percebidas pelos ouvintes, enquanto a vogal [u] mostrou-se mais sensível a variações acústicas, sendo confundida com a vogal [o]. Concluem que, embora a f_0 não varie de forma significativa entre os sexos na faixa etária analisada, os formantes refletem diferenças fisiológicas entre meninos e meninas, funcionando como indicadores acústicos de distinção de sexo.

Considerando estudos ao longo da vida, Eichhorn *et al.* (2018) analisaram as vogais em três faixas etárias: jovens adultos entre 20-30 anos (coorte I); adultos de meia-idade entre 40-60 anos (coorte II); e idosos entre 70 e 92 anos (coorte III), todos de ambos os sexos, saudáveis e falantes da língua inglesa. Os autores analisaram as medidas acústicas (f_0 , F1–F4) das vogais em palavras monossilábicas únicas escolhidas por serem familiares a crianças pequenas e por apresentarem alta

densidade fonológica de vizinha, potencializando o espaço acústico formado pelos formantes F1 e F2. Utilizaram os *softwares* Praat e TF-32. A análise estatística utilizou modelos de efeitos mistos, considerando sexo, coorte etária e a interação entre sexo e coorte etária. Em relação à idade, os autores referiram (i) diferenças significativas entre os grupos etários para todas as vogais em relação ao f_0 e em relação a F1 e F2; (ii) interação significativa entre grupo etário e sexo para todas as vogais em f_0 , e para /u/ e /æ/ em F1; (iii) e interação para /æ/ em F3; indicando que as diferenças entre os grupos etários variam conforme o sexo. Em relação as diferenças significativas no sexo feminino: (i) mulheres jovens apresentam f_0 mais alto do que mulheres de meia-idade para todas as vogais, com valores de diferenças de /a/=35Hz, /ae/ 38Hz, /ui/=35 Hz e /u/=34 Hz; e F1 também mais alto para as vogais /ae/, /i/ e /u/, com diferença de /ae/=82Hz, /i/=34Hz e /u/=51Hz; mas F2 mais baixo para /æ/, com diferença de -133Hz; (ii) mulheres jovens também apresentam f_0 mais alto que idosas para todas as vogais, com diferença de /a/=30Hz, /ae/=39Hz, /i/=23Hz e /u/=24Hz; F1 mais alto para /i/ e /u/, com diferença 131 Hz e 49 Hz, respectivamente; e F2 mais alto para /u/, com diferença de 151Hz. Não houve diferenças significativas entre as mulheres de meia-idade e idosas para f_0 , F1 ou F2. Além disso, não foram observadas diferenças significativas para F3 e F4 entre os grupos etários femininos, indicando a estabilidade dessas frequências. Em relação aos homens, apenas duas diferenças significativas foram observadas: (i) homens jovens apresentam F2 mais alto do que idosos para /u/, com diferença de 138Hz; e (ii) homens jovens apresentam F3 mais alto para /æ/, com diferença de 162Hz. Não houve diferenças significativas entre qualquer grupo etário para os homens em relação a f_0 , F1 ou F4. Os autores atribuíram a diminuição em f_0 nas mulheres às mudanças hormonais pós-menopausa. Afirmaram que os formantes mudam pouco ao longo da vida adulta, sugerindo que as alterações fisiológicas relacionadas à idade podem ter efeitos limitados ou que os indivíduos compensam as mudanças anatômicas. Ressaltam a importância de dados normativos sobre a produção vocálica em adultos, que não necessitam de ajustes significativos por idade, exceto em casos que indiquem patologia. Ao propor este estudo, Eichhorn *et al.* (2018) apresentam os valores de f_0 , F1-F4 para adultos jovens, adultos de meia-idade e idosos, sendo os resultados das vogais orais [a], [i] e [u] apresentados no Quadro 2.

Albuquerque (2019) analisou a influência da idade e do sexo sobre a f_0 , os formantes F1 e F2 e a duração das vogais em 113 falantes do Português Europeu (PE) com idades entre 35 e 97 anos, todos sem alterações de voz ou fala. Agrupou as seguintes faixas etárias: 35-49 anos; 50-64 anos; 65-79 anos; e ≥ 80 anos. A autora referiu que a f_0 foi estimada por algoritmo cruzado, enquanto os formantes foram obtidos pelo algoritmo Burg-LPC aplicado ao 40% central da vogal, minimizando o efeito dos sons adjacentes. Albuquerque reportou: (a) efeito significativo do sexo sobre F1, o que atribuiu às diferenças anatômicas entre homens e mulheres; (b) valores mais altos de F1 e F2 em todas as faixas etárias de mulheres; (c) diminuição de F1, especialmente para vogal [a], possivelmente devido a menor precisão articulatória e alterações no controle motor da fala; (d) leve aumento dos formantes em falantes com 80 anos ou mais na vogal [i], sugerindo ajustes compensatórios na articulação; (e) aumento na duração das vogais com a idade, atribuindo o fato a uma possível redução dos movimentos articulatórios e mudanças fisiológicas na capacidade vocal. A autora concluiu que esses achados evidenciam como fatores biológicos e articulatórios interagem para moldar as características acústicas da fala ao longo do envelhecimento. Os valores apresentados por Albuquerque (2019) para f_0 , F1-F2 para adultos, adultos de meia-idade, idosos e idosos de idade avançada, para as vogais orais [a], [i] e [u] estão no Quadro 2.

Coto-Jiménez, Morales-Rodríguez e Vargas-Díaz (2020) analisaram os formantes F1 e F2 da vogal [u] na fala de 3 crianças costarriquenhas com idade variando entre 6 e 12 anos. Compararam os valores à fala de 3 adultos de 18 a 23 anos. Todos os participantes eram vocalmente saudáveis e de ambos os sexos. As crianças apresentaram valores significativamente mais altos do que os adultos, sobretudo nos valores de F2. O valor médio da vogal [u] foi: F1 444,78 Hz nas crianças e 405,46 Hz nos adultos; e F2 1238,72 Hz e 1103,24 Hz, respectivamente. Os autores sugeriram que essas diferenças refletem as mudanças na configuração do trato vocal relacionadas à idade, destacando a importância de se considerar essas medidas no desenvolvimento de algoritmos para aprimorar sistemas automáticos de fala voltados a essa vogal do espanhol, levando-se em conta idade e características regionais. Concluíram que o estudo favoreceu a compreensão da fala infantil na Costa Rica, incentivando novas pesquisas em reconhecimento de voz, identificação de sexo e idade, e aperfeiçoamento de tecnologias de fala para crianças.

Tykalova *et al.* (2020) estabeleceram valores normativos para 10 vogais do tcheco e analisaram o efeito do envelhecimento na produção dessas vogais. e estabelecer dados normativos para os dez monotongos da língua. Incluíram as medidas de f_0 , F1, F2 e F3; duração das vogais; taxa de articulação; e Área do Espaço Vocálico (VSA). Analisaram 100 falantes nativos, divididos igualmente entre os sexos, com idade entre 20 e 89 anos, distribuídos em seis décadas (20 a 29; 30 a 39; 40 a 49; 50 a 59; 60 a 69; 70 a 89). A amostra de fala foi extraída da leitura do texto Karel Čapek. Os autores analisaram estatisticamente a idade e sexo como fatores entre grupos, e as vogais como fator intra-grupo, reportando que: (a) na frequência fundamental o efeito da idade foi dependente do sexo, com valores mais altos nas mulheres, atribuído-os à alterações fisiológicas nas pregas vocais e no controle respiratório. Em relação aos formantes, especialmente F2 em vogais como [a] e [u], ocorreu diferença significativa relacionadas à idade, embora pequena e sem padrão de centralização, o que os autores indicaram como articulação menos precisa. De modo geral, as mulheres apresentaram F1 e F2 mais altos, sugerindo articulação mais frontal e ampla, sobretudo na vogal [i]. Essas diferenças entre os sexos foram associadas a variações anatômicas e estratégias compensatórias para manter a inteligibilidade, como o aumento de F1 e F2 para compensar a f_0 mais elevada. Observou-se ainda que a duração das vogais aumentou com a idade, especialmente em idosos (até 89 anos), correlacionando-se negativamente com a taxa de articulação, o que sugere ritmo de fala mais lento com o avanço da idade. Os autores concluíram que o estudo fornece dados normativos relevantes das vogais do tcheco, úteis para comparações interlinguísticas.

Leung *et al.* (2022) forneceram valores normativos de F1, F2 e F3 para vogais do inglês australiano, para a faixas etárias de 18 a 60 anos (244 mulheres e 135 homens). A amostra de fala foi extraída do texto “*Arthur the Rat*”. Analisaram os efeitos idade, sexo e qualidade vocálica. Analisaram a idade por regressão linear contínua, com efeito significativo de diminuição em F1 de 1,31Hz/ano (queda de 55 Hz); F2 de 0,37 Hz/ano (queda de 15,5 Hz), e F3 de 0,60/ano (queda de 25 Hz/ano), entre 18 e 60 anos. Justificam que, tais variações não justificam ajustes por idade na aplicação de dados normativos, dado o pequeno impacto dessas mudanças. O sexo foi o preditor mais forte. As mulheres apresentaram valores significativos mais altos que os homens para todas as vogais. Para a vogal [a] a diferença entre mulheres e homens

foi de F1 169Hz, F2 172Hz, F3 285Hz; para a vogal [i], F1 63Hz, F2 411Hz, F3 394Hz; e para vogal [u], F1 285Hz, F2 394Hz e F3 380Hz, considerando as idades de 18 a 60 anos. Referiram que quaisquer variações nos formantes relacionadas à idade provavelmente refletem mudanças na articulação, e não no tamanho do trato vocal, indicando que as diferenças podem decorrer da forma como os falantes articulam as vogais ao longo do tempo. Sugeriram que a localização geográfica exerce um impacto mínimo nas características dos formantes. Concluíram que os valores obtidos podem ser utilizados independentemente da idade, dentro da faixa dos 18 aos 60 anos.

Vorperian *et al.* (2023) analisaram f_0 , F1 a F4 das vogais /i/, /u/, /æ/ e /ɑ/ em 81 sujeitos com síndrome de Down (SD), crianças e adultos, 40 do sexo feminino e 41 do sexo masculino, entre 3 e 54 anos, e 293 falantes com desenvolvimento típico (TD), 153 do sexo feminino e 140 do masculino, com idades de 4 a 92 anos todos nativos do inglês americano. Os autores dividiram os participantes em quatro faixas etárias: pré-puberdade (3,5 a 7,11 anos), peri-puberdade (8,0 a 10,2 anos), puberdade (10,3 a 14,5 anos) e pós-puberdade (a partir de 20 anos). As gravações foram feitas em ambiente controlado e analisadas no *software* Praat. Os valores de f_0 e F1–F4 foram obtidos no TF32, usando codificação preditiva linear (LPC) e Transformada de Fourier (FFT). Os autores referiram que, para todas as vogais, ambos os sexos e todas as idades, o grupo com SD apresentou f_0 mais alta que o grupo TD. No grupo TD f_0 e formantes diminuíram gradualmente com a idade, acompanhando o crescimento anatômico e a maturação do trato vocal e da laringe. Durante a puberdade, essa queda foi mais acentuada, especialmente em meninos, fato atribuído pelos autores ao alongamento do trato vocal e ao aumento da laringe. Reportaram também que homens adultos apresentaram f_0 e formantes mais baixos que mulheres, e que, no grupo TD, houve uma mudança brusca por volta dos 10 anos, provavelmente ligada à puberdade e ao crescimento vertical do trato vocal, afetando menos o F4, associado à ressonância laríngea.

Por fim, Kent *et al.* (2023) em uma revisão de escopo de 28 estudos publicados entre 1993 e 2021, na língua inglesa, analisaram diversas medidas, dentre as quais, a frequência fundamental (f_0) e a frequência fundamental de fala (sf_0). Organizaram os dados por sexo e faixa etária. Dentre os dados, os autores reportaram que em crianças os valores de f_0 foram mais elevados, 243 a 297 Hz para meninos de 3 a 9

anos, e de 249 a 294 Hz para meninas da mesma faixa etária. Considerando o sexo masculino, a f_0 média dos homens adultos variou de 107,55Hz entre 18 e 29 anos à 142Hz em homens idosos com mais de 70 anos, e nas mulheres adultas variou de 232,04 Hz à 174,04 Hz para essas mesmas faixas etárias, evidenciando a tendência de queda do f_0 feminino com a idade. Embora os dados concentrem-se em falantes do inglês, os achados fornecem parâmetros relevantes para comparação com outras línguas, incluindo o português, além de reforçarem a importância da consideração de idade e sexo/gênero nas análises acústicas da voz ao longo do ciclo da vida.

Sumarizando, os estudos internacionais reportam que as crianças apresentam f_0 e formantes mais altos que adultos, diminuindo ao longo da vida, o que é atribuído ao crescimento e a maturação, especialmente observado na adolescência. Observou-se que as crianças pré-púberes podem manipular a voz para marcar o gênero, e apresentam maior variabilidade; que os adultos apresentam mudanças discretas nos formantes; e os idosos podem usar ajustes articulatórios compensatórios. De modo geral, as mulheres tendem a ter F1 e F2 mais elevados, refletindo fatores anatômicos e articulatórios; e apresentam uma queda de f_0 após a menopausa. A literatura também chama atenção para os fatores dialetais e estilísticos, referindo que estes influenciam a produção vocálica, com diferenças claras registradas entre o português brasileiro e europeu quanto a f_0 , F1 e F2.

A seguir, o Quadro 2 sintetiza os principais achados dos estudos, referindo autor, parâmetros acústicos, vogal, faixa etária, sexo e *softwares* empregado, quando estes dados são apresentados.

Quadro 2 – Valores das médias das medidas acústicas de interesse (f_0 , F1, F2 e F3) das vogais orais [a], [i] e [u], reportados pelos autores na subseção literatura internacional.

Autor/Ano Software/Idioma	População Faixa Etária	Vogal	f_0 (Hertz)		F1 (Hertz)		F2 (Hertz)		F3 (Hertz)	
			Feminino	Masculino	Feminino	Masculino	Feminino	Masculino	Feminino	Masculino
Peterson e Barney (1952) Software não referido Inglês Americano	Crianças N=15 Idade NR Sexo Agrupado	[a]	256		1030		1370		3170	
		[i]	272		370		3200		3730	
		[u]	274		430		1170		3260	
	Adultos N=61 Idade NR	[a]	212	124	850	730	1220	1090	2810	2440
		[i]	235	136	310	270	2790	2290	3310	3010
		[u]	231	141	370	300	950	870	2670	2240
Bennet (1981) Sound Spectrograph 700 Inglês Americano	Crianças N=42 7-8 anos	[ae]	-	-	1020	878	2355	2149	3639	3331
		[i]	-	-	482	470	3296	3067	3917	3625
		[u]	-	-	-	-	-	-	-	-
Lee, Potamianos, Narayanan (1999)	Crianças 5 anos Número NR	[a]	277	263	956	824	1772	1669	3274	3596
		[i]	279	262	688	636	2816	2608	3526	3465
		[u]	300	287	698	656	1376	1434	3496	3588

ESPS Inglês Americano	Crianças 6 anos Número NR	[a]	258	263	839	844	1754	1534	3759	3635
		[i]	264	261	643	652	2791	2728	3441	3510
		[u]	282	290	670	663	1590	1363	3665	3586
	Crianças 7 anos Número NR	[a]	278	264	846	815	1723	1642	3425	3515
		[i]	278	268	608	579	2642	2602	3482	3533
		[u]	298	281	661	624	1566	1542	3327	3499
	Adolescentes 13 anos Número NR	[a]	245	187	779	660	1715	1388	3245	2807
		[i]	252	188	592	512	2382	2067	3296	2860
		[u]	264	191	659	542	1557	1396	3146	2834
	Adolescentes 14 anos Número NR	[a]	221	169	756	665	1619	1376	3019	2882
		[i]	231	176	573	513	2189	2188	3075	3040
		[u]	248	182	630	559	1595	1379	2966	2794
	Adolescentes 15 anos Número NR	[a]	225	130	738	600	1646	1385	2931	2657
[i]		226	131	564	478	2171	1992	3024	2757	
[u]		246	139	620	519	1533	1335	3827	2556	
Adultos ≥19 anos Número NR	[a]	218	130	740	610	1609	1288	2957	2557	
	[i]	235	136	532	458	2083	1851	3064	2588	
	[u]	246	149	559	501	1522	1269	2887	2466	
Assmann e Katz (2000) Software-MATLAB Inglês Americano	Crianças N=10 5 anos Sexo Agrupado	[a]	251		1066		1602		3136	
		[i]	280		472		3535		4058	
		[u]	273		471		1711		3809	
	Crianças N=10 7 anos Sexo Agrupado	[a]	254		954		1565		3083	
		[i]	257		359		3402		3977	
		[u]	257		491		1838		3162	
	Adultos N=20 (F+M) Idade NR	[a]	208	103	688	754	1273	1214	2966	2463
		[i]	216	110	429	300	2588	2345	3256	3003
		[u]	217	131	430	353	1755	1373	2636	2321
Escudero <i>et al.</i> (2009) Praat Português Europeu	Adultos N=20 (F+M) 18-30 anos Grupo PE	[a]	201	115	781	661	1662	1365	2333	2535
		[i]	216	126	317	284	2770	2161	2774	3283
		[u]	222	127	335	303	862	814	2315	2458
	Adultos N=20 18-30 anos (F+M) Grupo PB	[a]	209	122	910	683	1627	1329	2324	2625
		[i]	242	177	307	285	2676	2198	2952	3296
		[u]	252	140	337	310	812	861	2309	2691
Kuo e Weismer (2016) TF-32 Inglês Americano	Homens 18-30 anos Fala Clara	[a]	-	-	-	807	-	1343	-	2058
		[i]	-	-	-	267	-	2407	-	3184
		[u]	-	-	-	293	-	969	-	2331
	Homens 18-30 anos Citação	[a]	-	-	-	767	-	1363	-	2551
		[i]	-	-	-	282	-	2304	-	2980
		[u]	-	-	-	314	-	1144	-	2301
	Homens 18-30 anos Leitura	[a]	-	-	-	726	-	1365	-	2503
		[i]	-	-	-	301	-	2242	-	2848
		[u]	-	-	-	339	-	1201	-	2276
	Homens 18-30 anos Conversação	[a]	-	-	-	663	-	1435	-	2465
		[i]	-	-	-	341	-	2160	-	2692
		[u]	-	-	-	358	-	1345	-	2344
Eirchhorn <i>et al.</i> (2018) - TF-32 Inglês Americano	Adultos Jovens N=40 (F+M) 20-30 anos	[a]	200	102	965	770	1488	1317	2815	2539
		[i]	212	108	355	282	2761	2250	3376	2908
		[u]	211	112	386	317	1145	1006	2682	2338
	Adultos de Meia Idade N=32 (F+M) 40-60 anos	[a]	165	108	998	793	1496	1300	2838	2521
		[i]	177	115	322	274	2838	2332	3403	2944
		[u]	178	115	335	316	1035	946	2814	2343
	Idosos N=24 (F+M) 70-92 anos	[a]	170	119	974	764	1466	1227	2867	2607
		[i]	188	125	332	276	2732	2230	3354	2855
		[u]	187	126	337	299	994	867	2783	2278
Albuquerque (2019) Praat Português Europeu	35-49 anos N=30 (F+M)	[a]	170	115	700	550	1400	1100	-	-
		[i]	210	140	300	250	2800	2500	-	-
		[u]	215	140	350	300	900	850	-	-
	50-64 anos N=30 (F+M)	[a]	180	110	680	540	1380	1080	-	-
		[i]	220	130	310	260	2750	2450	-	-
		[u]	225	130	360	310	880	830	-	-
	65-79 anos N=31 (F+M)	[a]	165	115	660	520	1360	1060	-	-
		[i]	205	135	320	270	2700	2400	-	-
		[u]	210	135	370	320	860	810	-	-
	≥80 anos N=22 (F+M)	[a]	155	125	640	500	1310	1040	-	-
		[i]	195	150	340	290	2650	2350	-	-
		[u]	200	150	380	330	840	790	-	-

Legenda: f_0 frequência fundamental; F1: primeiro formante; F2: segundo formante; F3: terceiro formante; Hz: Hertz;
F: sexo feminino; M: sexo masculino Fonte: Elaborado pela autora, 2025.

3 OBJETIVOS

O objetivo geral do estudo foi estabelecer valores de referência da frequência fundamental (f_0) e dos formantes (F1, F2 e F3) das vogais orais [a], [i] e [u] em falantes do Português Brasileiro (PB) ao longo da vida, e verificar se a idade afeta esses parâmetros acústicos.

Foram delineados os seguintes objetivos específicos:

- a) verificar as medidas acústicas da frequência fundamental e dos formantes, das vogais orais [a], [i] e [u], nas diferentes faixas etárias ao longo da vida.
- b) verificar as medidas acústicas da frequência fundamental e dos formantes, das vogais orais [a], [i] e [u], nas diferentes faixas etárias entre mulheres e homens.

Considerando os objetivos apresentados, as hipóteses assumidas foram:

- a) espera-se que as frequências fundamental e dos formantes das vogais orais [a], [i] e [u] se diferenciem ao longo da vida, com mudanças mais acentuadas em crianças e idosos.
- b) espera-se que as frequências fundamental e dos formantes das vogais orais se diferenciem ao longo da vida entre mulheres e homens, com mudanças acentuadas nas mulheres.

4 METODOLOGIA

Neste capítulo, são apresentados os aspectos metodológicos adotados nesta pesquisa, caracterizada como transversal e quantitativa. Considerando o objetivo geral do estudo, investigar as frequências f_0 , F1, F2 e F3 das vogais [a], [i] e [u], produzidas por falantes típicos do Português Brasileiro ao longo da vida, e verificar se a idade afeta esses parâmetros acústicos, foram adotados procedimentos metodológicos que asseguram a adequação à proposta investigativa.

As gravações em áudio utilizadas nesta pesquisa correspondem à fala de crianças, adolescentes, adultos e idosos, de ambos os sexos, previamente armazenadas na base de dados do Laboratório de Análise Articulatória-Acústica (LAAc) da UNESP. Essas gravações foram obtidas em contextos padronizados de fala, seguindo procedimentos uniformes para a coleta de dados. É relevante destacar que essas mesmas gravações foram previamente utilizadas, de forma parcial (MARINO *et al.*, 2016; MARINO *et al.*, 2018) ou em sua totalidade (SPAZZAPAN *et al.*, 2020; SPAZZAPAN; MARINO; FABBRO, 2022), em estudos com objetivos medidas acústicas distintas das empregadas nesta pesquisa.

4.1 Aspectos éticos

Esta pesquisa integra um estudo mais amplo, em desenvolvimento desde 2013 no Laboratório de Análise Articulatória-Acústica (LAAc) do curso de Fonoaudiologia da UNESP – Campus Marília, vinculado ao Centro de Estudos da Educação e da Saúde (CEES). O estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Seres Humanos da Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", instituição de origem, conforme os pareceres nº 0657/2013 (Anexo A) e nº 1.054.283/2015 (Anexo B).

As gravações de áudio utilizadas nesta pesquisa foram realizadas entre 2013 e 2017. Todos os participantes e, no caso de menores de idade, seus responsáveis legais, foram previamente convidados e devidamente esclarecidos, tanto oralmente quanto por escrito, sobre os objetivos do estudo. A participação foi formalizada por meio da assinatura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) para a captura das vozes. Não foram oferecidos incentivos financeiros para a participação.

Para viabilizar a presente pesquisa, foram utilizadas as gravações de áudio armazenadas no banco de dados do LAAc – UNESP – Campus Marília. A fim de

assegurar o anonimato e a confidencialidade dos participantes, cada gravação foi identificada por um código numérico.

4.2.Casuística

Nesta pesquisa, foram incluídas gravações de áudio de amostras de fala armazenadas no banco de dados do LAAc. As gravações foram realizadas em dois períodos distintos de coleta de dados, empregando a técnica de amostragem por conveniência. No primeiro período (2013–2015), os participantes foram recrutados em escolas, universidades e na comunidade em geral (MARINO *et al.*, 2016; MARINO *et al.*, 2018). No segundo período (2016–2017), adotou-se a mesma técnica e locais de recrutamento, ampliando a base de dados das amostras de fala armazenadas (SPAZZAPAN, 2018). Assim, todas as gravações incluídas nesta pesquisa foram obtidas de indivíduos facilmente disponíveis e acessíveis.

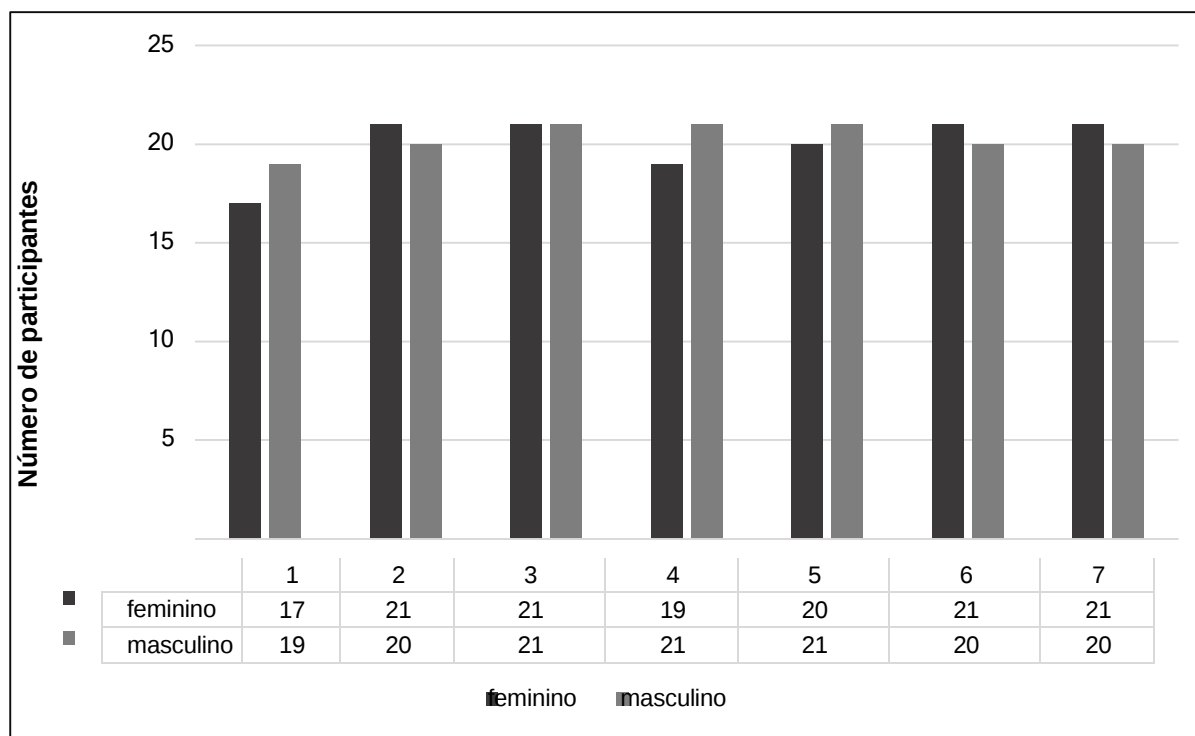
Para a inclusão neste estudo, foram selecionadas 282 gravações de amostras de fala em áudio do banco de dados do LAAc, correspondentes a falantes do Português Brasileiro, com idades entre cinco e noventa e três anos, de ambos os sexos (140 do sexo feminino e 142 do sexo masculino). Os participantes foram distribuídos em sete grupos etários: G1 – crianças (5–7 anos), G2 – adolescentes (13–15 anos), G3 – adultos jovens (19–29 anos), G4 – adultos (30–39 anos), G5 – adultos de meia-idade (50–59 anos), G6 – idosos (60–69 anos) e G7 – idosos de idade avançada (70–93 anos), conforme demonstrado na Tabela 1 e ilustrado na Figura 1.

Tabela 1 – Distribuição da amostra de fala em audio analisada nos sete grupos etários por faixa de idade, média de idade e porcentagem, para ambos os sexos.

Grupos	Faixa etária (anos/meses)	Feminino			Masculino			Total	
		N	%	M	N	%	M	N	%
G1	5.0 - 7.11	17	5,9	6,7	19	6,8	6,8	36	12,80
G2	13.0 - 15.11	21	7,5	14,2	20	7,0	14,7	41	14,50
G3	19.0 - 29.11	21	7,5	21,2	21	7,5	22,6	42	15,00
G4	30.0 - 39.11	19	6,8	35,0	21	7,5	33,2	40	14,20
G5	50.0 - 59.11	20	7,0	54,5	21	7,5	54,1	41	14,50
G6	60.0 - 69.11	21	7,5	63,8	20	7,0	64,8	41	14,50
G7	70.0 - 93.11	21	7,5	75,0	20	7,0	74,1	41	14,50
TOTAL		140	49,7		142	50,3		282	100,00

Legenda: N=número de sujeitos por grupo; %=porcentagem; M=média. Fonte: Elaborado pelas autora. Dados da pesquisa, 2025.

Figura 2 – Distribuição da amostra de fala em audio analisada nos sete grupos etários de estudo por faixa de idade e sexo.



Fonte: Elaborado pela autora. Dados da pesquisa, 2025.

A divisão das faixas etárias é baseada na idade cronológica dos indivíduos e nos padrões relatados de mudanças fisiológicas graduais e naturais que ocorrem no corpo humano ao longo da vida (OMS, 2007).

O grupo de "crianças" e "adolescentes" representa, respectivamente, a fase em que ainda ocorrem mudanças no sistema motor orofacial da fala e nas estruturas do trato vocal (STATHOPOULOS, HUBER E SUSSMAN, 2011; SOLTANI *et al.*, 2014; Spazzapan, 2018), e à faixa etária intermediária entre a infância e a vida adulta, favorecendo a compreensão das modificações anatômicas que ocorrem durante o período de mudança vocal, com um crescimento evidente da laringe, aumento em seu diâmetro ântero-posterior, mais acentuado nos meninos, e que acompanha o crescimento corporal (BEHLAU *et al.*, 2001).

O grupo de "adultos jovens" e "adultos" representa a fase da vida adulta que precede o início do envelhecimento físico, o qual envolve alterações nos tecidos das pregas vocais e pode resultar em mudanças sutis na estrutura do trato vocal, afetando a elasticidade dos tecidos e a musculatura da laringe (ALBUQUERQUE, 2022).

Os grupos etários de "adultos de meia-idade" e "idosos" representam as fases da vida marcadas por períodos de alterações relacionadas ao envelhecimento físico-biológico. Esse processo envolve não apenas modificações nos tecidos das pregas vocais, mas também mudanças na estrutura biomecânica do trato vocal, como a diminuição na excursão das cartilagens aritenóides e a possível ossificação completa da cartilagem cricóidea, que pode ocorrer até os 65 anos (BEHLAU *et al.*, 2001). Além disso, observa-se que a atrofia e enfraquecimento dos músculos laríngeos intrínsecos, além da diminuição da elasticidade dos tecidos e da musculatura da laringe (ALBUQUERQUE, 2022). Alterações anatômicas craniofaciais também são observadas, como o crescimento contínuo ao longo da vida, o que pode modificar as dimensões do trato vocal e influenciar a posição dos articuladores dos sons da fala, incluindo a posição da língua e outras estruturas (SCUKANEC e PETROSINO, 1991). Tais mudanças resultam na diminuição dos movimentos articulatorio em idosos, impactando as frequências dos formantes em comparação aos grupos mais jovens (SCUKANEC e PETROSINO, 1991; VORPERIAN e KENT, 2007; STATHOPOULOS, HUBER e SUSSMAN, 2011; EICHHORN *et.al*, 2018).

Por fim, o grupo de "idosos de idade avançada" representa a fase da vida dos conhecidos como superidosos (ROWE e KAHN, 1997). Nessa fase, os estudos indicam um alongamento do trato vocal, uma mudança nas dimensões da cavidade posterior e uma diminuição do movimento articulatorio (KENT e VORPERIAN, 2018), resultando em alterações na posição e no movimento da língua e da mandíbula, afetando a articulação das vogais e consoantes, o que pode levar a uma produção de fala menos "clara" (ALBUQUERQUE, 2022), dependendo do falante e dos ajustes que este desenvolve para compensar a perda biomecânica e a eficiência vocal e de fala. Não há um marcador único e exclusivo para essa fase da vida (BEHLAU *et al.*, 2001).

Além da divisão etária, o sexo também foi considerado devido às diferenças fisiológicas significativas descritas em estudos prévios ao longo da vida. Nesta pesquisa, a opção pelo uso do termo sexo (masculino e feminino), em detrimento de gênero, fundamenta-se na natureza dos parâmetros acústicos investigados, a frequência fundamental e os formantes vocálicos, que são determinados por características anatômicas e fisiológicas do trato vocal. Ainda que a distinção conceitual entre sexo (biológico) e gênero (sociocultural) seja amplamente reconhecida nas ciências humanas e sociais, para os objetivos deste estudo, o foco

recai sobre o sexo biológico, por ser este o fator que influencia diretamente as variações nas propriedades acústicas da fala. Conforme relatado por Kent e Vorperian (2018), o dimorfismo sexual na fala, variações físicas entre os sexos, é uma das diferenças mais marcantes observadas em medições físicas na espécie humana, tornando o sexo do falante um fator essencial na coleta e comparação de dados sobre a produção da fala. Em relação à medida acústica da f_0 , os estudos reportam que o dimorfismo sexual pode ser observado a partir dos 10 anos. Já em relação às medidas dos formantes, a diferença entre os sexos relacionada ao trato vocal surge por volta dos 4 anos de idade, tornando-se mais evidente aos 7 ou 8 anos, quando os meninos apresentam formantes consistentemente mais baixos do que as meninas em todas as vogais (BENNETT, 1981; BUSBY e PLANT, 1995; LEE *et al.*, 1999; VORPERIAN e KENT, 2007). Essas diferenças tornam-se ainda mais pronunciadas por volta dos 12 anos, sendo observadas tanto na frequência fundamental quanto nos formantes (VORPERIAN e KENT, 2007).

4.3. Critérios de inclusão e exclusão

Na ocasião das gravações de fala, nos dois momentos de coleta (2013-2015 e 2016-2017), os participantes ou seus responsáveis, responderam a um questionário sociodemográfico e de saúde. O objetivo foi confirmar a ausência de síndromes ou outras condições que pudessem afetar o desempenho durante a tarefa de gravação, incluindo, no caso das mulheres, informações sobre menopausa.

Os critérios de inclusão foram: (i) ausência de histórico de cirurgias na cabeça e pescoço, bem como de doenças neurológicas, pulmonares ou respiratórias; e (ii) ausência de tratamento fonoaudiológico prévio para problemas de voz ou queixas relacionadas à voz, fala ou audição, conforme as respostas ao questionário aplicado durante a entrevista. A inexistência de alterações vocais e de fala foi avaliada consensualmente por três fonoaudiólogas experientes na análise das alterações da fala e da voz, por meio de uma avaliação perceptivo-auditiva, conforme descrito em estudos anteriores (MARINO *et al.*, 2016; MARINO *et al.*, 2018; SPAZZAPAN, 2018; SPAZZAPAN, MARINO e FABBRON, 2022).

Os critérios de exclusão consideraram fatores que poderiam impactar a produção vocal, o equilíbrio oronasal e a produção da fala, incluindo: (i) presença de congestão ou obstrução nasal no dia da avaliação, verificada pelo teste de Espelho

de Glatzel; (ii) rouquidão; (iii) dificuldade em repetir com precisão as amostras de fala, especialmente no caso de crianças; (iv) erros de articulação; (v) incapacidade de leitura; (vi) tabagismo ou histórico de tabagismo nos últimos cinco anos; (vii) treinamento vocal profissional; (viii) histórico de cirurgias na cabeça e pescoço, bem como de doenças neurológicas, pulmonares ou respiratórias; e (ix) tratamento fonoaudiológico prévio (MARINO *et al.*, 2016; SPAZZAPAN, 2018; SPAZZAPAN, MARINO e FABBRON, 2022).

4.4.Procedimentos

4.4.1.Captura das gravações em áudio do banco de dados utilizadas no estudo

Durante a coleta de dados para armazenamento no banco de dados utilizado neste estudo, conforme descrito por Marino *et al.* (2016; 2018) e Spazzapan (2018; 2022), os participantes passaram por um treino prévio para se familiarizarem com a tarefa de fala. Esse treino envolveu a leitura ou, no caso de crianças menores de sete anos, a repetição dos textos selecionados. As produções foram realizadas em voz alta, com *pitch*, *loudness* e velocidade habituais. Durante a gravação, caso ocorresse alguma interferência, os participantes eram instruídos a repetir a tarefa para garantir a qualidade do registro.

Conforme estabelecido pelo LAAC., nos dois períodos de coleta de dados, as gravações realizadas seguiram o mesmo procedimento padronizado. A captura da amostra de fala em áudio foi obtida com o participante sentado, microfone Sennheiser (modelo E855), gravador digital marca MARANTZ (modelo PMD660), em configuração monocal, com taxa de amostragem 44kHz e 16bits de resolução. O microfone foi posicionado a 45 graus, a uma distância de 20 cm à frente da boca do participante, sendo esta distância estabelecida para a captura simultânea das vozes à avaliação nasométrica para fins de análises em outros estudos. Boer e Bressmann (2016), assim como Spazzapan, Marino e Fabbron (2022), relataram o uso combinado de gravação de áudio e avaliação nasométrica, sem interferências entre os microfones na obtenção das medidas acústicas. Neste estudo, foi utilizado somente o sinal acústico capturado do microfone (gravação de áudio).

4.4.2. Estímulos de fala do estudo

Os estímulos de fala deste estudo foram extraídos de gravações em áudio armazenadas no banco de dados, conforme descrito anteriormente. O material inclui um texto oral (Dudu no Zoológico, 44 sílabas) e um texto nasal (O Nenê, 41 sílabas), conforme Marino *et al.* (2016), além de um conjunto de frases orais de baixa pressão intraoral (ZOO-BR2) e um conjunto de frases predominantemente nasais (NASAL-BR), desenvolvidos por Trindade, Genaro e Dalston (1997) (Quadro 5).

Foram selecionadas duas palavras para cada uma das vogais orais [a], [i] e [u], permitindo a análise de duas ocorrências de produção para cada sujeito, em uma estrutura consoante-vogal (CV). Para garantir o máximo de controle sobre os efeitos do contexto fonético na produção dessas vogais, previamente à extração das medidas foi feita uma análise visual dos estímulos existentes no banco de dados, que acabaram por direcionar para a seleção de palavras em que as vogais analisadas estavam em posição tônica e pré-tônica, somente nos casos em que não houve ocorrência da vogal em sílaba tônica, precedidas pelas consoantes [p] e [l].

Reconhecendo que as propriedades acústicas das vogais podem ser influenciadas pelas consoantes precedentes, em razão do fenômeno da coarticulação, sobreposição de movimentos articulatorios, que sempre existe, em menor ou maior grau (Behlau, 1984), descrevemos de forma sucinta as características articulatorias desses segmentos consonânticos que precedem as vogais analisadas neste estudo.

Segundo Cristófaró Silva (2002), a consoante obstruinte [p] possui ponto de articulação bilabial (lábio inferior em contato com o lábio superior), modo de articulação oclusivo (obstrução total e momentânea do fluxo de ar nas cavidades supraglóticas), e sem presença de vozeamento (sem vibração das pregas vocais). Já, a consoante líquida [l], possui ponto de articulação alveolar (língua em contato no centro dos alvéolos); modo de articulação lateral (passagem do ar suave pelos lados da língua, sem explosão ou fricção), e com presença de vozeamento (com vibração das pregas vocais). Segundo Barbosa e Madureira (2015), a liberação súbita da obstrução total no trato vocal na consoante [p] gera uma fonte de ruído transiente (FRT), enquanto a presença de vibração de pregas vocais na consoante [l] gera um som quase periódico, sem ruído proveniente de obstruções, o que a aproxima, em termos acústicos, das vogais. Enquanto [p] depende de uma ação articulatoria

explosiva, [l] é caracterizada por uma passagem lateral do ar, sem bloqueio total, garantindo sua natureza ressonante.

Ladefoged e Johnson (2011) referem que, no caso de sons plosivos, como a consoante [p], à medida que os lábios se afastam, a forma do trato vocal se modifica, os formantes se ajustam, e esse movimento pode resultar no abaixamento geral dos formantes. Por outro lado, Santos (2013) explica que os fonemas denominados aproximantes, como a consoante [l], ao contrário dos oclusivos, são produzidos por um estreitamento no trato vocal. A autora observa que a lateral [l] apresenta formantes semelhantes aos das vogais, em torno de 250 Hz, 1200 Hz e 2400 Hz, porém com menor intensidade.

Desta forma, os estímulos de fala deste estudo consistiram das vogais [a], [i] e [u] precedidas das consoantes [p] e [l]. No caso das vogais [a] e [i], selecionou-se o contexto fonético pretônico (acento secundário) quando a vogal era precedida pela consoante [p], e o contexto fonéticoônico quando precedida pela consoante [l]. Já para a vogal [u], o contexto fonético adotado foi oônico para ambas as repetições dessa vogal, tanto quando precedida de [p] quanto de [l] (Quadro 3).

Quadro 3 – Estímulos de fala selecionados para o estudo.

Referência	Textos e Frases	Palavra	Sílaba	Vogal	Contexto Fonético
Dudu no zoológico Marino <i>et al.</i> (2016)	Dudu visitou o zoológico. Lá viu o pulo do sapo. Gostou do lago cheio de peixes . Tirou foto dos bichos. Depois foi pra casa da vovó.	Lá	[la]	[a]	tônico ([l])
		pulo	[pu]	[u]	tônico ([p])
O nenê Marino <i>et al.</i> (2016)	Mônica mima o nenê. Veste seu pijaminha. Arruma seu bercinho. O nenê mama uma mamadeira toda depois nana.	pijaminha	[pi]	[i]	pretônico ([p])
NASAL-BR Trindade, Genaro e Dalston (1997)	Domingo tem neblina. O passarinho comeu a minhoca. Miriam lambeu o limão. O menino era bonzinho. Flavinho chamou o João.	passarinho	[pa]	[a]	pretônico ([p])
ZOO-BR2 Trindade, Genaro e Dalston (1997)	O louro ia olhar a lua. Laura lia ao luar. A leoa é leal. Lili era loira. Lulu olhou a arara.	Lili	[li]	[i]	tônico ([l])
		Lulu	[lu]	[u]	tônico ([l])

4.5. Análise dos dados

4.5.1 Anotação segmental e etiquetagem dos dados

Este item inclui informações sobre os passos anteriores à anotação segmental dos dados, o processo de anotação segmental, a etiquetagem dos dados e a extração das medidas acústicas no nível segmental. Todo o processo, desde a importação das gravações até a segmentação e etiquetagem manual dos dados, foi realizado exclusivamente pela mesma fonoaudióloga, pesquisadora principal do estudo, de forma integral e independente.

4.5.2. Passos anteriores à anotação segmental

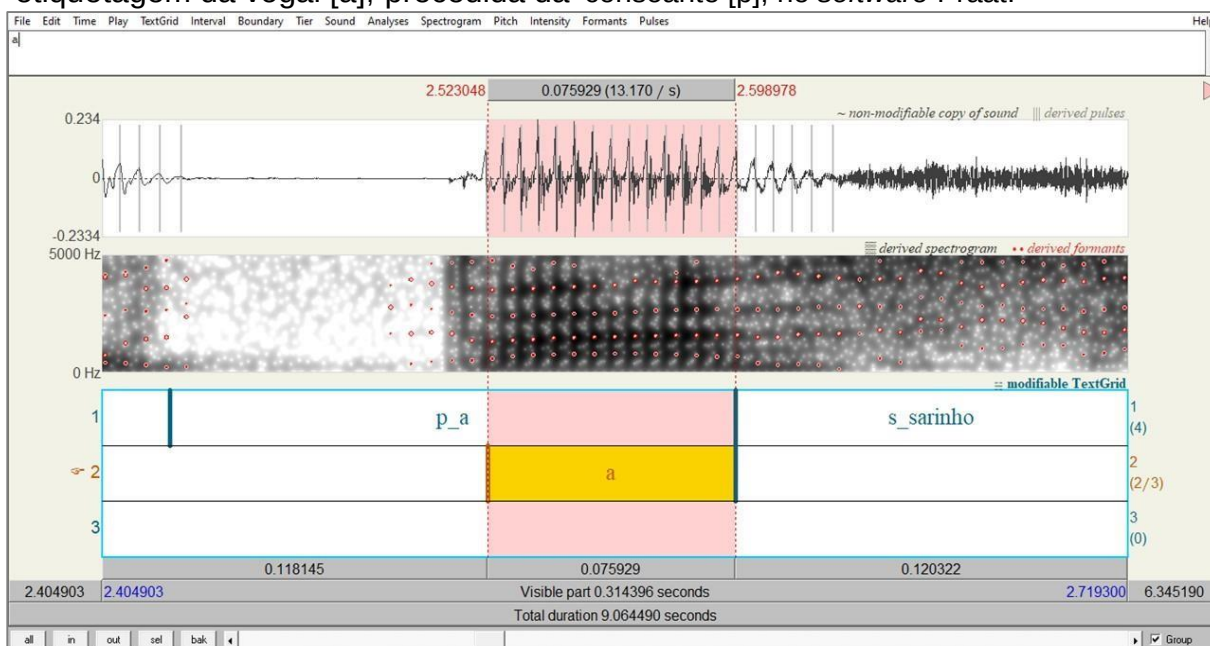
Salienta-se que este estudo, de caráter transversal, integra uma pesquisa mais ampla com gravações em áudio armazenadas no LAAC. Os passos básicos anteriores à anotação segmental dos dados utilizados neste estudo foram: (i) as gravações de fala armazenadas no banco de dados do LAAC, correspondentes às faixas etárias de interesse, foram separadas, carregadas manualmente em um computador e salvas em arquivos separados por grupo etário; (ii) os arquivos de cada participante, de cada grupo etário, foram organizados em pastas identificadas por códigos numéricos; e (iii) os arquivos foram novamente armazenados em um servidor remoto (*cloud backup*), em um ambiente de rede seguro da Instituição de Pesquisa, acessado exclusivamente por meio de uma Rede Privada Virtual (VPN),

4.5.3. Anotação segmental e etiquetagem

Em um primeiro momento, os dados em áudio transferidos do banco de dados foram abertos no *software* de análise de fala Praat (Versão 6.3.03) de Boersma e Weenink (2022). Após a importação, a fonoaudióloga pesquisadora recebeu treinamento de uma pesquisadora especialista com ampla experiência em análise acústica da fala para reconhecer as fronteiras acústicas das consoantes [p] e [l] e das vogais [a], [i] e [u] no interior das palavras, excluindo-se manualmente as consoantes precedentes às vogais. Posteriormente ao treinamento, a pesquisadora do estudo realizou a anotação segmental piloto de 70 gravações de áudio de participantes pertencentes aos sete grupos do estudo, sendo 10 gravações de cada grupo (5 do sexo feminino e 5 do sexo masculino). A anotação segmental piloto foi

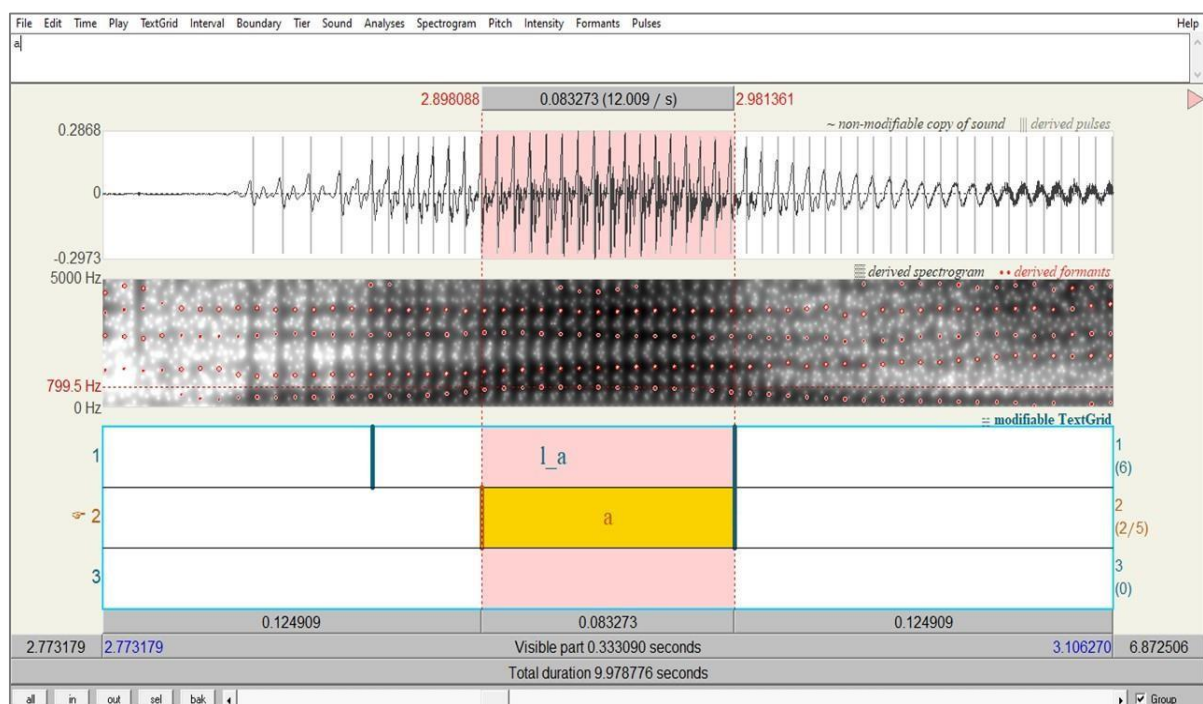
submetida à especialista em análise acústica da fala, que validou as marcações como corretas, confirmando que a pesquisadora deste estudo estava adequadamente treinada. As imagens das Figuras 3 a 8 ilustram o processo de anotação segmental e etiquetagem utilizados na pesquisa.

Figura 3 – Imagem ilustrativa da anotação segmental da palavra “passarinho” e etiquetagem da vogal [a], precedida da consoante [p], no software Praat.



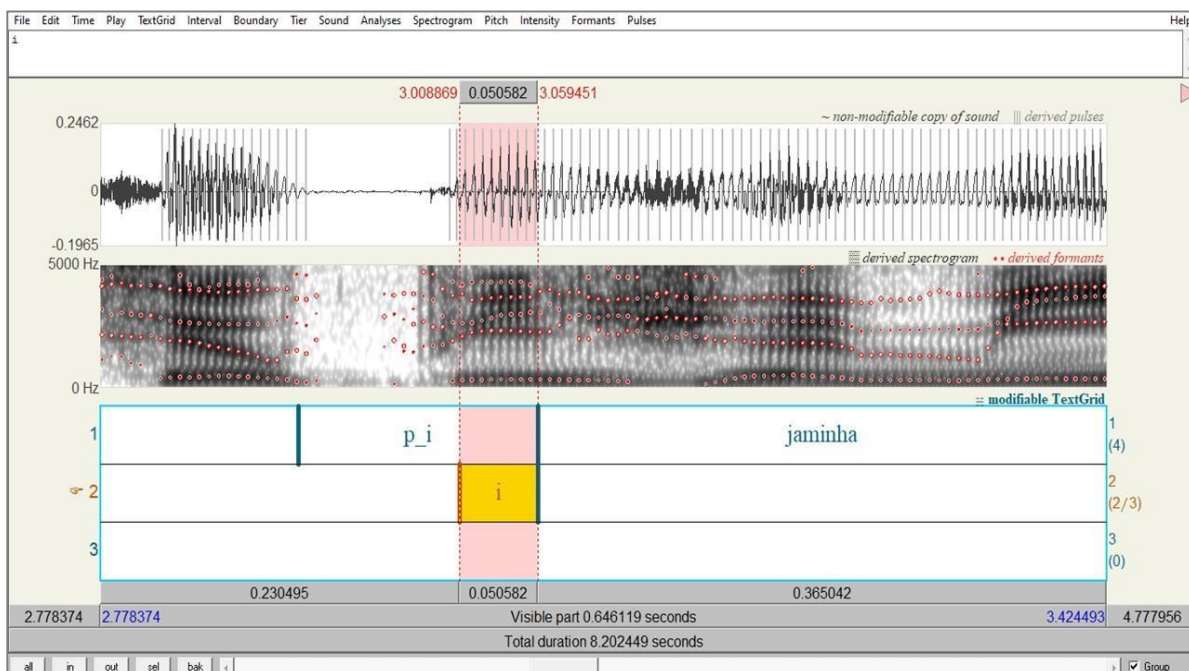
Fonte: Elaborado pela autora, 2025.

Figura 4 – Imagem ilustrativa da anotação segmental da palavra “lá” e etiquetagem da vogal [a], precedida da consoante [l], no software Praat.



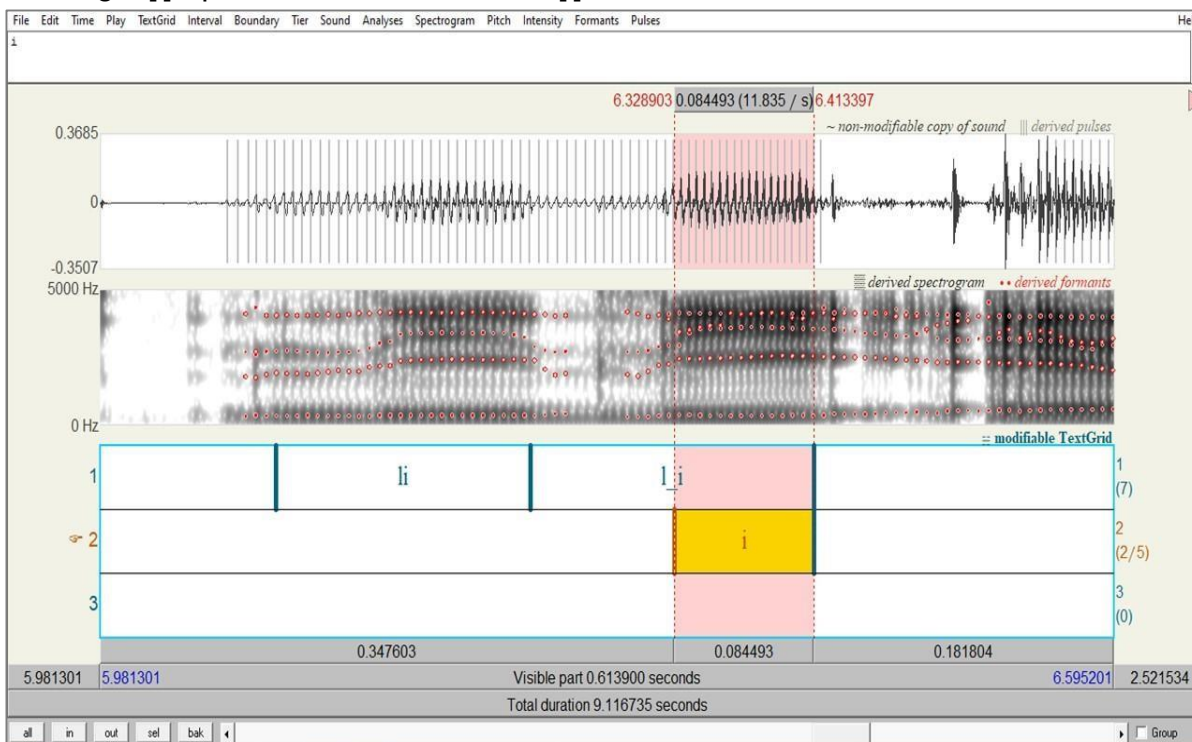
Fonte: Elaborado pela autora, 2025.

Figura 5 – Imagem ilustrativa da anotação segmental da palavra “pijaminha” e etiquetagem da vogal [i], precedida da consoante [p], no software Praat.



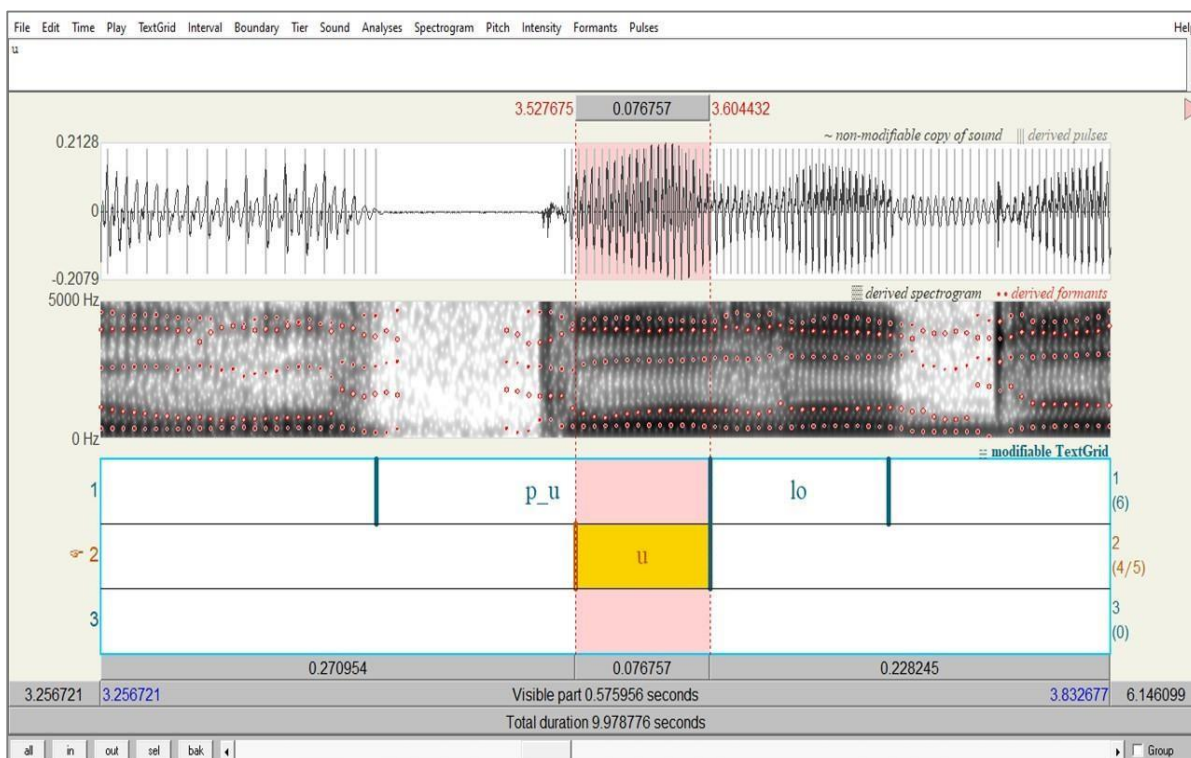
Fonte: Elaborado pela autora, 2025.

Figura 6 – Imagem ilustrativa da anotação segmental da palavra “lili” e etiquetagem da vogal [i], precedida da consoante [l], no software Praat.



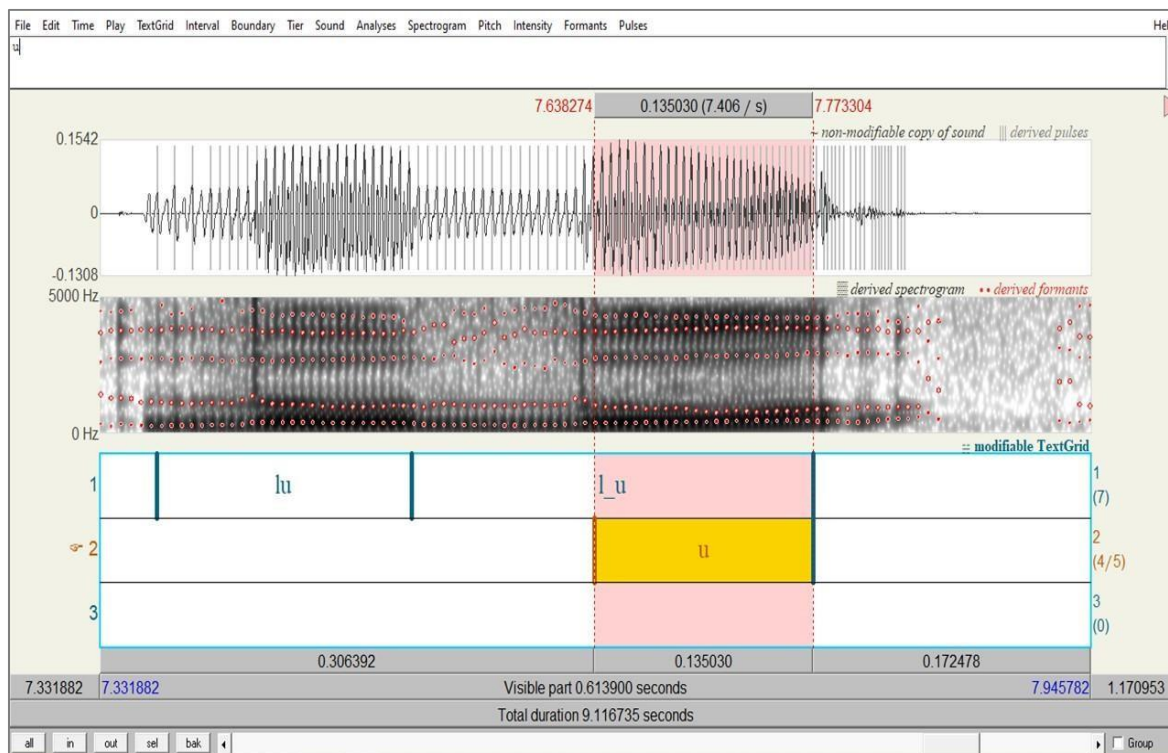
Fonte: Elaborado pela autora, 2025.

Figura 7 – Imagem ilustrativa da anotação segmental da palavra “pulo” e etiquetagem da vogal, [u] precedida da consoante [p], no *software* Praat.



Fonte: Elaborado pela autora, 2025.

Figura 8 – Imagem ilustrativa da anotação segmental da palavra “lulu” e etiquetagem da vogal [u], precedida da consoante [l], no *software* Praat.



Fonte: Elaborado pela autora, 2025.

Para a anotação segmental e etiquetagem das vogais orais [a], [i] e [u], considerou-se como limite inicial da vogal o primeiro pico regular da forma da onda após a consoante precedente [p] ou [l], marcando o período de transição consoante-vogal, e como limite final o último pico regular da forma da onda, em termos de amplitude e forma, conforme sugerido por Brod e Seara (2013) e Albuquerque (2022).

Foram realizadas manualmente 1.692 anotações segmentais e etiquetagens, utilizando duas camadas no espectrograma do *software* Praat: a primeira camada, no nível da palavra isolada (6 palavras × 282 gravações), e a segunda camada, no nível da vogal (2 palavras isoladas por vogal × 3 vogais × 282 gravações).

4.6. Análise acústica

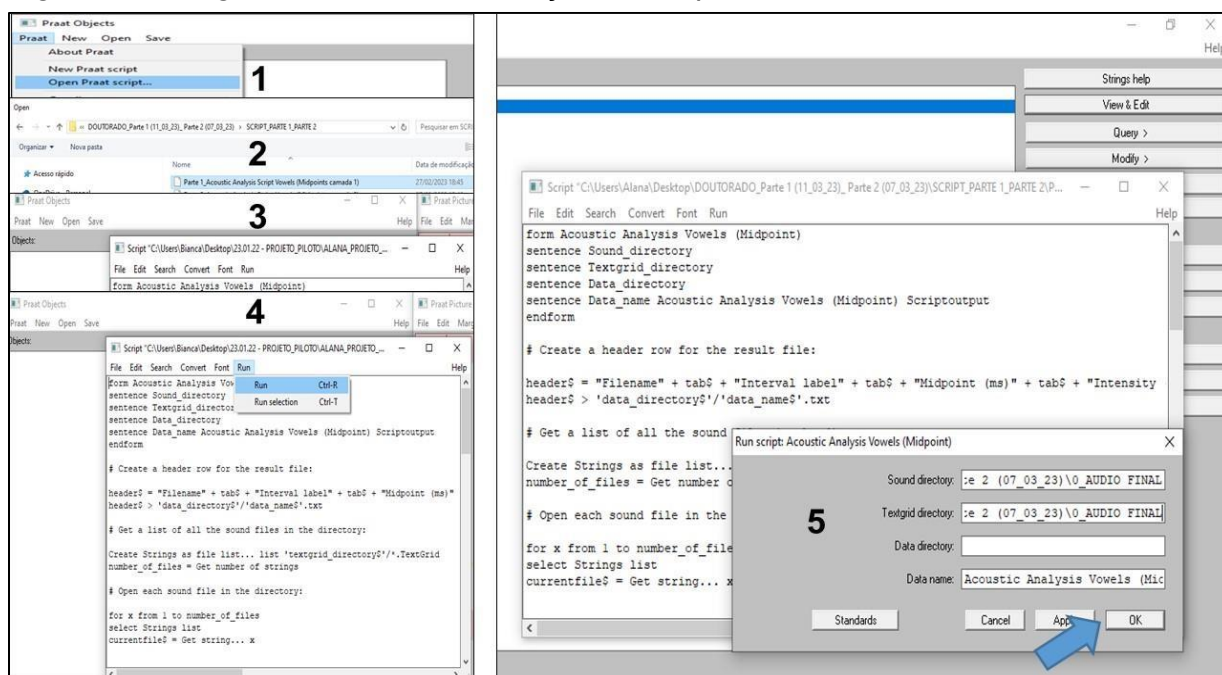
Por muito tempo, o processamento de grandes *corpus* de fala foi limitado por falhas técnicas, o que tornava a anotação segmental e análise dos dados difícil e demorada. Hoje, sistemas automatizados facilitam essas tarefas e reduzem o tempo necessário para realizá-las (ALBUQUERQUE, 2022). Dessa forma, optou-se pela extração automática dos valores das medidas acústicas incluídas no estudo, com extração manual quando necessário.

4.6.1 Extração automática dos valores das medidas acústicas

Para otimizar a extração dos valores das 1.692 anotações segmentais das vogais [a], [i] e [u], precedidas de [p] e [l], o *script Form Acoustic Analysis Vowels Midpoint* foi incorporado ao *software* Praat. O *script*, cedido pelo *Department of Speech-Language Pathology (University of Toronto, Ontário, Canadá)*, possibilitou a identificação automática do *midpoint* da vogal e a extração automática dos valores médios da frequência fundamental (f_0) e dos formantes ($F1$, $F2$, $F3$) no ponto médio da vogal. A extração das medidas acústicas no *midpoint* da vogal, o que, segundo Albuquerque (2022), minimiza o impacto das consoantes.

O *script* utilizado para a extração das medidas acústicas no ponto médio das vogais forneceu o relatório de cada amostra analisada, sendo importante salientar que esta manobra foi repetida tantas quantas vezes se fez necessária para a extração de medidas de todo o banco de dados deste estudo (Figura 9).

Figura 9 – Imagem ilustrativa da inserção do *script* no *software* Praat.



Fonte: Elaborado pela autora, 2025.

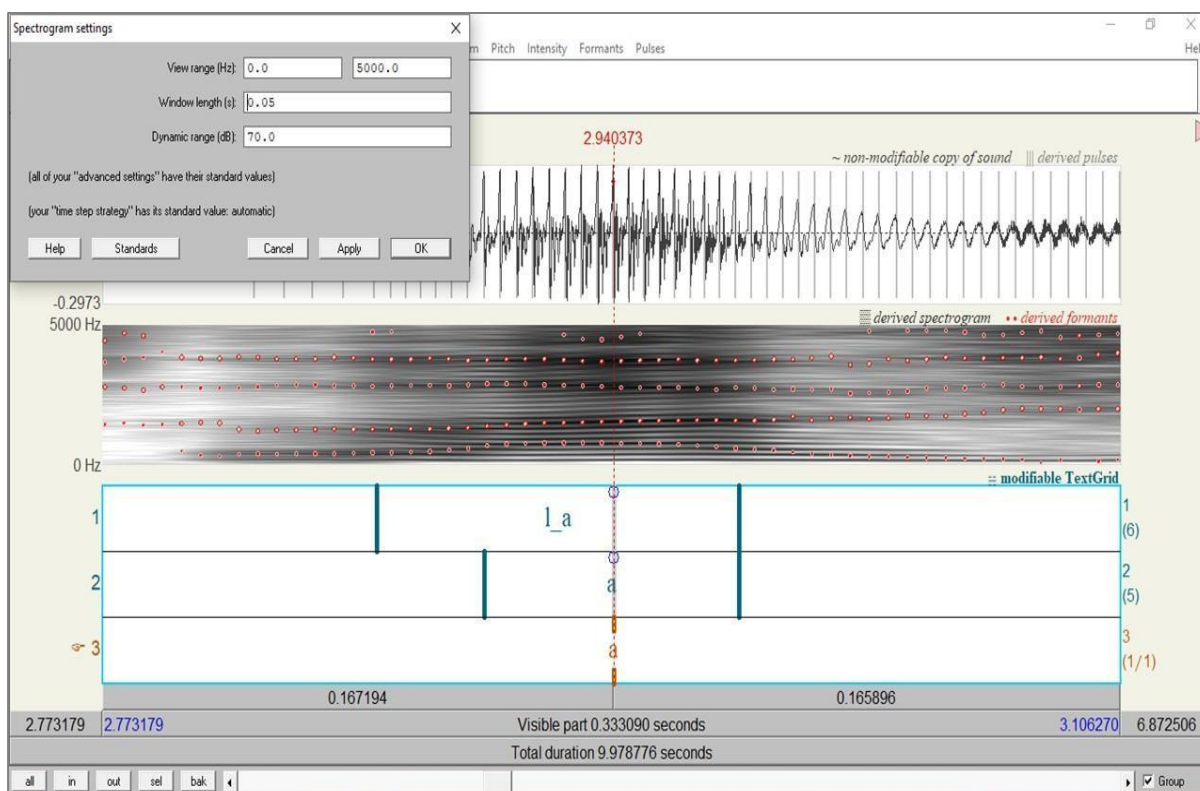
4.6.2. Extração manual dos valores das medidas acústicas

Quando foram observados valores discrepantes extraídos automaticamente pelo *script*, as medidas foram verificadas pela pesquisadora. Nos casos em que a trajetória formântica não apresentava estabilidade, os parâmetros do espectrograma foram ajustados manualmente, e a extração dos valores da frequência fundamental e dos formantes foi realizada manualmente pela pesquisadora. Quando necessário, também foi utilizada para a extração a *Transformada Rápida de Fourier* (FFT). Neste caso, a pesquisadora acrescentou manualmente ao *textgrid* do Praat uma terceira camada, *Tier – Add point tier*. A partir da inserção da terceira camada, *point tier*, a pesquisadora manualmente etiquetou o *point* para extração das medidas por FFT, e no *Spectrogram Settings > Formants*, em *window length*, reduziu a extensão da janela de inspeção do modelo de banda larga (0,005 segundos) para a janela de inspeção de banda estreita (0,05 segundos) e, na sequência, no *spectrogram - view spectral slice*, gerou o *spectrum* para análise por FFT (Figuras 10 e 11).

Vale ressaltar que, previamente à extração manual dos dados pela fonoaudióloga pesquisadora, no momento que foi realizado o treinamento para segmentação e etiquetagem dos dados, a pesquisadora também realizou o treinamento para marcação do *point* de extração e o treinamento da extração das

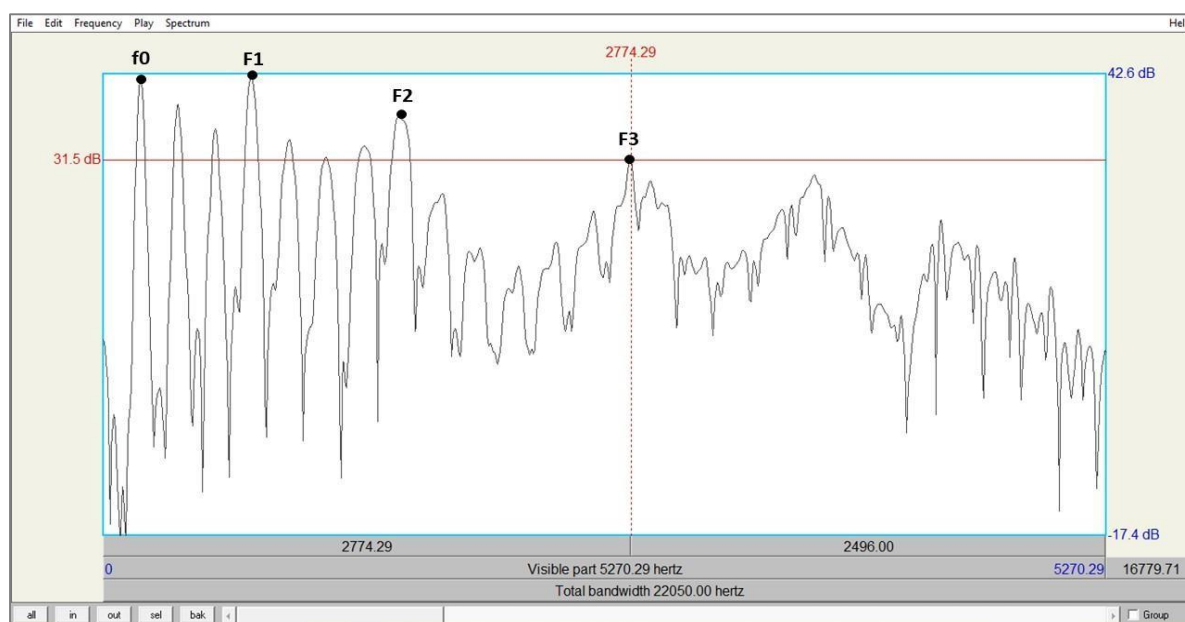
médias por FFT. Para isso, foi feita a inspeção visual de 70 *textgrids*, 10 de cada grupo etário (5 mulheres e 5 homens) e dos contornos dos formantes nos espectrogramas correspondentes e, também, foi realizada uma checagem dos respectivos valores extraídos, por duas fonoaudiólogas especialistas em medidas acústicas. Quando necessário, foram feitos ajustes nas configurações dos *formant settings* dos parâmetros acústicos de interesse e novos *textgrids* foram analisados pela pesquisadora até a obtenção consensual (pesquisadora e especialistas) das medidas acústicas extraídas.

Figura 10 – Imagem ilustrativa da terceira camada, *point tier*, pós etiquetagem do *point*, com modificação do *spectrogram settings* para o modelo de banda estreita para extração das medidas por Transformada Rápida de Fourier (FFT).



Fonte: Elaborado pela autora, 2025

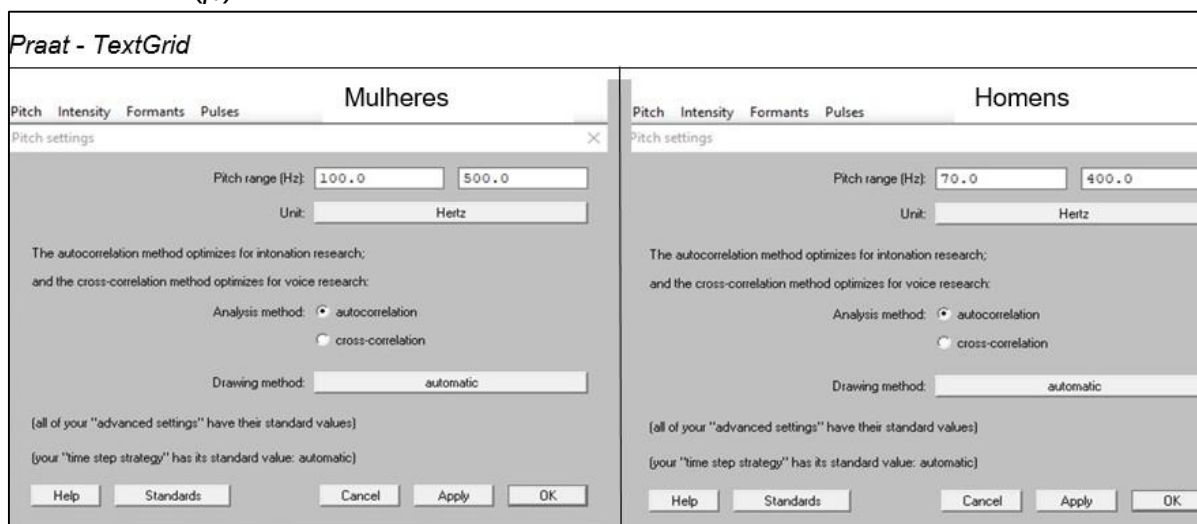
Figura 11 – Imagem ilustrativa do *spectrum* gerado para análise e extração dos valores por Transformada Rápida de Fourier (FFT).



Fonte: Elaborado pela autora, 2025.

Para a extração da medida de f_0 na configuração de *pitch settings*, o intervalo de análise foi definido com base no método de correlação. Os limites inferior e superior do pitch range foram estabelecidos em 100-500 Hz para mulheres e 70-400 Hz para homens, conforme os valores amplamente aceitos na literatura para a extração dessas medidas (BARBOSA, 2020). Para crianças, independentemente do sexo, o intervalo utilizado foi o mesmo das mulheres (Figura 12).

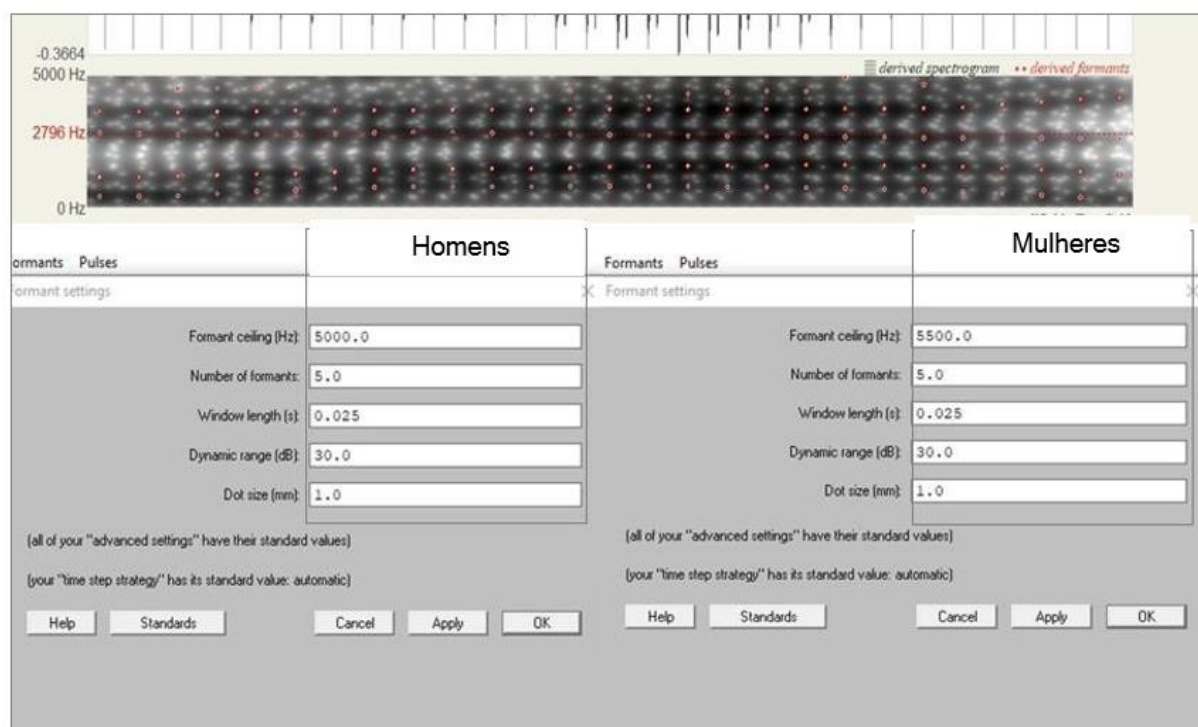
Figura 12 – Imagem ilustrativa do *pitch range*, intervalo estabelecido para mulheres (100-500Hz) e homens (70-400 Hz) para extração da medida da frequência fundamental (f_0).



Fonte: Elaborado pela autora, 2025.

Quanto aos valores dos formantes, as configurações *Spectrogram Settings > Formants* do Praat foram definidas para visualização correspondente ao modelo de banda larga, sendo usada a janela de 0,005s (segundos), com configuração *formants settings* estabelecida com limite para a busca de cinco formantes (5.0) na faixa de até 5500 Hz para falantes do sexo feminino e crianças, e até 5000 Hz para falantes do sexo masculino. Segundo Escudeiro, Boersma, Rouber e Bion (2009), esses limites refletem as diferentes médias de comprimento do trato vocal entre homens e mulheres, já que a busca por cinco formantes implica que o limite deve estar situado entre as frequências formantes F5-F6 (Figura 13).

Figura 13 – Imagem ilustrativa do intervalo do *formants settings*, *formant ceiling* e *number of formants*, estabelecido para mulheres (5500 Hz e 5.0) e para homens (5000 Hz e 5.0) para extração da medida da frequência fundamental (f_0).



Fonte: Elaborado pela autora, 2025.

A configuração do *software* Praat e o passo a passo para extração manual das medidas acústicas da frequência fundamental (f_0) e dos formantes F1, F2 e F3 pode ser observada no Quadro 4.

Quadro 4 – Configurações utilizadas para extração manual no *software* Praat.

1. *Software* Praat: abrir.
2. Praat *Objects*: selecionar “*open*”, e em seguida “*read from file*”.
3. Selecione no computador o arquivo de gravação de áudio - teclre “palavra, abrir. (O arquivo de gravação de áudio será transferido para o *Objets*).
4. Selecione o áudio em “*objets*” e em seguida clique em “*Annotate*”
5. Em “*Annotate*” clique em “*To TextGrid*” (A janela “*Sound: TextGrid*” abrirá)
6. Em “*All tiers name*” renomeie as palavras “*Mary*” para “palavra”, “*John*” para “sílabas”, “*Bell*” para “vogal” (3 camadas para análise).
7. Em “*Which of these are point tiers*” renomeie “*Bell*” pelo mesmo nome referido no item 6 (Um “*TextGrid*” do mesmo nome do “*Sound*” aparecerá em *Objets*).
8. Selecione os dois arquivos, “*Sound e TextGrid*” e clique em “*View e Edit*”.
9. O “*TextGrid*” do espectrograma abrirá com as camadas configuradas no item 6. Selecione no item de interesse o parâmetro “*Show*”(pitch; formants...)
10. Configure o limite “*Formants – Formants Settings*” conforme a necessidade de análise.
11. Selecione o trecho de interesse e realize a anotação segmental, etiquetagem e marcação manual no *midpoint* da vogal.

Fonte: Elaborado pela autora, 2025.

A Tabela 2 apresenta o número e a porcentagem geral de anotações segmentais cujas medidas acústicas foram extraídas pelo *script* e pela pesquisadora, organizadas por estímulo (vogais [a], [i] e [u]). Já a Figura 14, mostra o número e a porcentagem de dados segmentados, extraídos exclusivamente pelo *script* (ponto médio automático) e pela pesquisadora, manualmente e por FFT, quando necessário. Esses dados estão organizados por estímulo, consoante precedente ([p]; [l]) e grupo etário.

Tabela 2 – Número e porcentagem geral de dados segmentados extraídos pelo *script* (*midpoint*) e extraídos pela pesquisadora, por estímulo de vogal [a], [i] e [u].

Dados extraídos	Estímulo						TOTAL	
	[a]		[i]		[u]			
	N	%	N	%	N	%	N	%
Script (automático)	370	21,85	485	28,66	389	22,99	1244	73,52
Pesquisadora (manual + FFT)	194	14,46	79	4,67	175	10,34	448	26,48
TOTAL	564	33,33	564	33,33	564	33,33	1692	100,00

Legenda: N= número; % = porcentagem; FFT = *Transformada Rápida de Fourier*. Fonte: Elaborado pela autora. Dados de pesquisa, 2025.

Figura 14 – Número e porcentagem de dados extraídos por *script* (automático) e pela pesquisadora (manualmente e FFT) por vogal (precedida de [p] e [l]) e grupo etário.

Extração dos dados	[a]				[i]				[u]			
	[p] N	[l] N	TOTAL		[p] N	[l] N	TOTAL		[p] N	[l] N	TOTAL	
	N	N	N	%	N	N	N	%	N	N	N	%
G1 – Crianças (5 a 7 anos)												
<i>Script</i>	21	9	30	42,0	27	14	41	56,9	18	16	34	47,2
Manual	13	17	30	42,0	4	10	14	19,5	8	8	16	22,2
FFT	2	10	12	16,0	5	12	17	23,6	10	12	22	30,6
TOTAL	36	36	72	100,0	36	36	72	100,0	36	36	72	100,0
G2 – Adolescentes (13 a 15 anos)												
<i>Script</i>	29	27	56	68,3	30	33	63	76,8	27	27	54	65,8
Manual	1	4	5	6,1	4	3	7	8,5	5	10	15	18,3
FFT	11	10	21	25,6	7	5	12	14,7	9	4	13	15,8
TOTAL	41	41	82	100,0	41	41	82	100,0	41	41	82	100,0
G3 – Adultos jovens (19 a 29 anos)												
<i>Script</i>	37	28	65	65,0	29	32	61	61,0	19	22	41	48,8
Manual	1	10	11	11,0	10	6	16	16,0	16	11	27	32,2
FFT	4	8	8	12,0	3	5	7	8,0	7	9	16	19,0
TOTAL	42	42	84	84,0	42	42	84	84,0	42	42	84	100,0
G4 – Adultos (30 a 39 anos)												
<i>Script</i>	28	31	59	73,7	25	35	60	75,0	19	19	38	47,5
Manual	9	7	16	20,0	10	5	15	18,7	21	19	40	50,0
FFT	3	2	5	6,3	5	0	5	6,3	0	2	2	2,5
TOTAL	40	40	80	100,0	40	40	80	100,0	40	40	80	100,0
G5 – Adultos de meia-idade (50 a 59 anos)												
<i>Script</i>	30	32	62	75,5	31	37	68	82,9	25	22	47	57,3
Manual	9	9	18	22,0	8	4	12	14,6	12	15	27	33,0
FFT	2	0	2	2,5	2	0	2	2,5	4	4	8	9,7
TOTAL	41	41	82	100,0	41	41	82	100,0	41	41	82	100,0
G6 – Idosos (60 a 69 anos)												
<i>Script</i>	28	27	55	67,0	32	35	67	81,0	16	26	42	52,4
Manual	7	8	15	18,3	4	6	10	13,0	19	15	34	40,5
FFT	6	6	12	14,7	5	0	5	6,0	6	0	6	7,1
TOTAL	41	41	82	100,0	41	41	82	100,0	41	41	82	100,0
G7 – Idosos de idade avançada (70 a 93 anos)												
<i>Script</i>	22	21	43	52,4	29	18	47	57,3	19	20	39	47,6
Manual	6	13	19	23,2	6	15	21	25,6	19	18	37	45,1
FFT	13	7	20	24,4	6	8	14	17,1	3	3	6	7,3
TOTAL	41	41	82	100,0	41	41	82	100,0	41	41	82	100,0

Fonte: Elaborado pela autora. Dados de pesquisa, 2025.

4.7. Análise estatística dos dados

Dos dados segmentados (1.692), foram extraídas 6.768 medidas acústicas (282 participantes x 3 vogais x 2 repetições de cada vogal x 4 parâmetros acústicos), as quais foram organizadas em uma planilha Excel, categorizadas por grupo etário (1 a 7), número de sujeitos (de acordo com a quantidade de cada grupo), sexo (1 = feminino e 2 = masculino) e consoante correspondente ([p] e [l]).

A distribuição dos dados foi avaliada pelo teste de Kolmogorov-Smirnov, que indicou normalidade. Esse resultado possibilita o uso de testes estatísticos paramétricos, os quais são reconhecidos pela eficácia na detecção de diferenças e relações com maior precisão e significância (PALANDI, 2025).

No estudo, foram analisadas as produções das vogais orais [a], [i] e [u], precedidas tanto pela consoante [p] quanto pela [l], a fim de possibilitar duas repetições de cada uma dessas vogais por participante. Para verificar possíveis diferenças nas médias dos parâmetros acústicos (f_0 , F1, F2 e F3) dessas vogais, quando precedidas pelas consoantes [p] e [l], foi aplicado o teste *t-Student* Pareado, considerando o número de sujeitos (N) e as variáveis faixa etária e sexo. O teste *t-Student* Pareado assume que as variâncias populacionais são desconhecidas, iguais, independentes e seguem uma distribuição normal e, no caso de dados pareados, quando o mesmo indivíduo é analisado em duas condições, o teste verifica se a média das diferenças entre essas condições é estatisticamente igual a zero, real e significativa (PALANDI, 2025).

Ao verificar possíveis diferenças nas médias das frequências f_0 e dos formantes F1, F2 e F3, o teste *t* indicou uma diferença significativa ($p < 0,05$) entre as medidas das vogais [a], [i] e [u], quando precedidas de [p] e [l], dependendo do parâmetro acústico analisado. De modo geral, os valores foram mais elevados para todas as vogais, quando precedidas de [l], em comparação a [p], com exceção de F1 da vogal [u]. Detalhes dos dados obtidos podem ser consultados no Anexo C.

Desta forma, tornou-se necessário analisar separadamente os valores médios das vogais para cada consoante. Essa abordagem foi adotada para que fosse possível responder às questões investigativas relacionadas ao efeito da idade e do sexo na frequência fundamental e nos formantes.

Assim, o teste ANOVA (Análise de Variância) de medidas repetidas foi utilizado para comparar as médias dos efeitos fixos idade, sexo e interação idade*sexo para as vogais [a], [i] e [u], no contexto de cada consoante [p] e [l]. O teste verifica se há diferenças estatisticamente significativas entre os grupos ao longo das múltiplas condições experimentais, permitindo controlar a variabilidade dentro dos participantes e identificar padrões de mudança (PALANDI, 2025). Ao todo, foram analisados 24 parâmetros (3 vogais x 4 medidas acústicas x 2 consoantes), com a aplicação do teste ANOVA.

O teste *post-hoc* de Tukey, aplicado após a ANOVA. Desta forma, o teste foi aplicado nos grupos de estudo aos pares, sendo: (1) crianças vs. adolescentes; (2) crianças vs. adultos jovens; (3) crianças vs. adultos; (4) crianças vs. adultos de meia-idade; (5) crianças vs. idosos; (6) crianças vs. idosos de idade avançada; (7) adolescentes vs. adultos jovens; (8) adolescentes vs. adultos; (9) adolescentes vs. adultos de meia-idade; (10) adolescentes vs. idosos; (11) adolescentes vs. idosos de idade avançada; (12) adultos jovens vs. adultos; (13) adultos jovens vs. adultos de meia-idade; (14) adultos jovens vs. idosos; (15) adultos jovens vs. idosos de idade avançada; (16) adultos vs. adultos de meia-idade; (17) adultos vs. idosos; (18) adultos vs. idosos de idade avançada; (19) adultos de meia-idade vs. idosos; (20) adultos de meia-idade vs. idosos de idade avançada; (21) idosos vs. idosos de idade avançada.

Além disso, o teste *post-hoc* de Tukey os resultados obtidos para o sexo, feminino e masculino, para cada uma das sete faixas etárias.

Na análise estatística deste estudo foram utilizados os softwares: SPSS V26 (2019), Minitab 21.2(2022) e Excel Office 2010.

5 RESULTADOS

Esta seção apresenta os resultados obtidos para as medidas acústicas de frequência fundamental (f_0) e formantes (F1, F2 e F3) das vogais orais [a], [i] e [u], produzidas por falantes do PB, de ambos os sexos ao longo da vida. Dos dados segmentados (1.692), analisou-se um total de 6.768 medidas acústicas (282 participantes x 3 vogais x 2 repetições de cada vogal x 4 parâmetros acústicos), a fim de verificar se haveria efeito da idade e do sexo nessas medidas.

Os resultados são provenientes da amostra de fala em áudio da vogais orais [a], [i] e [u] produzidas por 282 indivíduos com idades entre 5 e 93 anos, de ambos os sexos, distribuídos entre sete grupos etários: G1 – crianças entre 5 a 7 anos (n=36; 12,80%); G2 – adolescentes entre 13 a 15 anos (n=41; 14,50%); G3 – adultos jovens entre 19 a 29 (n=42; 15,00%); G4 – adultos entre 30 a 39 (n=40; 14,20%); G5 – adultos de meia-idade entre 50 a 59 (n=41; 14,50%); G6 – idosos entre 60 a 69 (n=41; 14,50%); e G7 — idosos de idade avançada (n=41; 14,50%). Dos participantes, 140 (49,7%) eram do sexo feminino e 142 (50,7%) do sexo masculino.

Para atender ao objetivo do estudo de estabelecer os valores de referência da frequência fundamental (f_0) e dos formantes (F1, F2 e F3) para falantes do Português Brasileiro ao longo da vida, bem como investigar os efeitos da idade (7 grupos) e do sexo nesses valores, os quatro parâmetros acústicos foram analisados para cada uma das vogais orais ([a], [i] e [u]), precedidas pelas consoantes ([p] e [l]).

Considerando análises prévias que apontaram diferenças significativas entre as médias das vogais [a], [i] e [u] quando precedidas pelas consoantes [p] e [l], os resultados obtidos dos quatro parâmetros acústicos (f_0 , F1, F2 e F3) das três vogais orais foram apresentados separadamente para cada consoante. Os valores de média ($\bar{x}$) e desvio padrão ($DP\pm$) da f_0 e dos formantes (F1, F2 e F3), para os sete grupos etários e os dois sexos, para cada uma das vogais do estudo, precedidas pelas consoantes [p] e [l], são apresentados a seguir nas Tabelas 3, 4 e nas figuras 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21 e 22.

Tabela 3 – Valores médios e desvios padrão das frequências fundamental (f_0) e dos formantes (F1, F2 e F3), em Hetz, para as vogais orais [a], [i] e [u], precedidas pela consoante [p], em sete grupos etários, para ambos os sexos, produzidas por falantes do Português Brasileiro.

Idade		5 a 7 anos		13 a 15 anos		19 a 29 anos		30 a 39 anos		50 a 59 anos		60 a 69 anos		70 a 93 anos	
Variável		$\bar{x}$	DP $\pm$	$\bar{x}$	DP $\pm$	$\bar{x}$	DP $\pm$	$\bar{x}$	DP $\pm$	$\bar{x}$	DP $\pm$	$\bar{x}$	DP $\pm$	$\bar{x}$	DP $\pm$
Sexo Feminino [p]															
f_0	[a]	242,1	24,0	224,3	17,2	222,7	20,1	215,7	27,1	195,2	23,5	185,2	25,7	188,1	28,7
	[i]	254,2	21,7	225,7	13,8	221,7	20,7	206,9	24,7	193,9	25,4	184,1	24,7	189,6	29,3
	[u]	259,8	24,1	231,3	17,5	227,0	17,9	227,0	25,1	209,3	21,9	204,0	26,6	206,7	26,2
F1	[a]	742,5	71,4	682,3	73,2	707,2	58,8	743,1	100,2	668,7	73,2	658,9	79,0	684,9	103,3
	[i]	468,5	31,9	367,7	47,3	343,9	32,2	339,9	38,9	338,5	31,0	326,1	30,8	325,3	35,8
	[u]	494,1	43,0	440,5	29,2	443,8	37,6	428,6	34,1	406,3	34,5	396,7	41,6	378,8	36,0
F2	[a]	1812,8	153,5	1557,3	155,5	1556,0	146,5	1498,5	123,1	1478,9	121,6	1480,2	129,3	1481,8	137,1
	[i]	2639,4	198,7	2483,3	137,0	2428,7	161,4	2407,8	131,6	2141,4	91,8	2205,2	150,4	2201,3	166,7
	[u]	905,1	69,5	980,9	112,1	879,5	103,9	914,1	107,7	815,7	87,1	821,3	101,6	799,4	68,7
F3	[a]	3533,6	259,1	2852,1	178,5	2739,1	166,9	2745,8	146,9	2561,9	162,7	2600,7	191,9	2754,5	200,6
	[i]	3478,3	245,4	3200,2	281,1	3087,6	129,8	3111,3	206,8	2862,9	122,2	2841,2	223,9	2863,5	236,7
	[u]	3488,9	224,6	2963,6	234,0	2903,7	197,6	2969,6	201,8	2773,5	154,1	2735,1	213,1	2852,1	215,0
Sexo Masculino [p]															
f_0	[a]	243,9	28,2	138,6	42,4	130,0	22,1	128,7	20,1	127,0	26,1	141,7	32,1	127,3	20,6
	[i]	261,7	23,1	135,0	28,6	133,4	25,1	125,9	21,7	126,9	27,5	138,1	30,0	134,9	34,9
	[u]	273,3	36,8	136,5	26,9	137,7	25,5	133,2	18,5	143,6	36,9	139,6	28,0	151,0	33,5
F1	[a]	785,7	102,7	620,6	83,5	620,2	66,5	631,4	60,0	608,4	51,4	620,2	65,9	610,5	84,9
	[i]	404,6	56,1	300,6	28,5	275,8	18,5	263,5	22,7	268,7	35,3	270,4	43,1	277,4	20,8
	[u]	473,0	53,7	362,1	29,0	355,2	24,1	336,8	30,6	350,8	49,3	336,6	40,5	331,1	50,0
F2	[a]	1725,9	172,0	1306,7	114,9	1270,2	60,5	1242,6	77,1	1270,0	86,0	1198,2	98,2	1277,5	115,4
	[i]	2654,1	189,2	2177,9	204,9	2115,9	135,6	2106,6	192,1	2116,1	116,5	2101,1	193,3	2038,7	113,8
	[u]	858,4	119,3	887,8	95,3	789,8	79,8	805,9	83,3	762,2	101,2	747,6	115,9	768,7	109,0
F3	[a]	3439,4	221,4	2618,6	198,0	2559,1	173,5	2506,9	179,8	2505,7	283,5	2542,0	229,4	2576,8	196,8
	[i]	3413,6	248,3	2972,4	253,2	2836,5	136,5	2880,2	297,9	2783,4	178,4	2888,5	242,3	2724,8	198,1
	[u]	3498,1	247,4	2654,4	256,8	2564,7	167,9	2522,8	158,0	2540,4	234,56	2496,2	173,9	2589,2	220,6

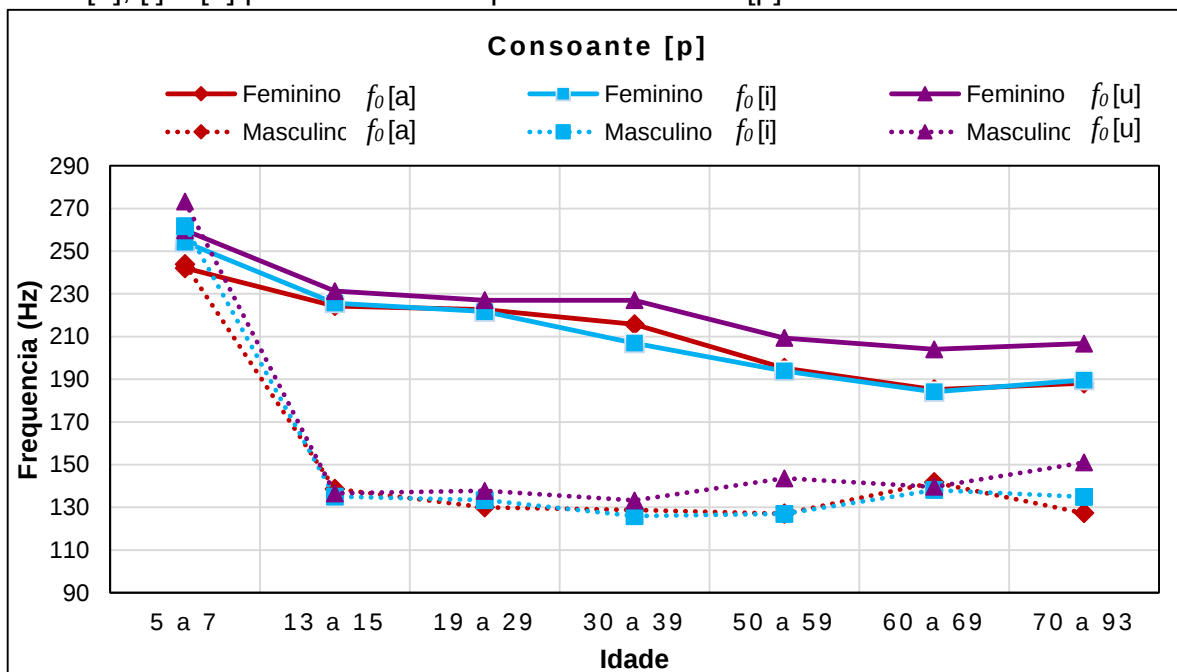
Legenda: ($\bar{x}$): média; (DP $\pm$): desvio padrão; (f_0): frequência fundamental; F1: primeiro formante; F2: segundo formante; F3: terceiro formante. Fonte: Elaborado pela autora. Dados da pesquisa, 2025.

Tabela 4 – Valores médios e desvio padrão das frequências fundamental (f_0) e dos formantes (F1, F2 e F3), em Hertz, para as vogais orais [a], [i] e [u], precedidas pela consoante [l], em sete grupos etários, para ambos os sexos, produzidas por falantes do Português Brasileiro.

Idade		5 a 7 anos		13 a 15 anos		19 a 29 anos		30 a 39 anos		50 a 59 anos		60 a 69 anos		70 a 93 anos	
Variável		$\bar{x}$	DP $\pm$	$\bar{x}$	DP $\pm$	$\bar{x}$	DP $\pm$	$\bar{x}$	DP $\pm$	$\bar{x}$	DP $\pm$	$\bar{x}$	DP $\pm$	$\bar{x}$	DP $\pm$
Sexo Feminino [l]															
f_0	[a]	243,8	25,6	225,7	15,9	218,5	15,5	223,4	26,3	198,1	19,8	193,5	28,5	192,6	24,5
	[i]	245,5	27,3	230,5	26,8	228,9	18,9	229,4	26,0	222,2	18,4	213,4	30,3	220,2	28,3
	[u]	261,1	25,2	230,4	18,2	227,1	15,9	232,3	28,0	211,4	17,6	217,8	29,0	214,2	32,0
F1	[a]	919,7	104,5	728,8	69,9	864,5	100,0	874,9	64,8	806,0	126,5	769,6	65,5	813,0	134,1
	[i]	453,3	75,6	364,3	48,2	390,9	105,9	338,1	35,3	334,5	40,8	315,7	30,5	342,5	44,8
	[u]	495,7	57,1	426,7	29,6	432,4	36,5	414,9	46,0	394,5	38,5	361,5	47,0	381,0	44,8
F2	[a]	1886,6	137,1	1589,7	142,9	1559,9	103,3	1572,5	76,8	1546,1	95,6	1548,4	127,2	1512,9	149,6
	[i]	2555,8	223,4	2713,5	117,2	2670,2	248,0	2699,6	102,6	2643,7	168,1	2471,9	315,8	2439,5	135,7
	[u]	964,1	104,0	974,5	104,7	866,5	92,4	872,7	92,5	849,6	83,7	845,9	110,6	858,6	94,1
F3	[a]	3510,3	214,0	2860,2	222,1	2766,2	214,1	2905,0	158,5	2642,6	193,6	2754,6	138,4	2873,6	187,5
	[i]	3600,1	199,5	3439,1	217,4	3519,8	231,0	3369,6	206,5	3215,0	223,0	3132,0	259,9	3130,4	226,8
	[u]	3589,9	254,4	2988,8	200,2	2992,1	195,4	3006,1	192,0	2841,1	128,5	2883,8	167,4	2829,5	203,4
Sexo Masculino [l]															
f_0	[a]	251,8	25,6	139,3	39,6	134,1	21,6	131,7	25,2	139,1	28,9	143,1	26,1	144,6	25,6
	[i]	264,6	21,6	143,5	27,7	139,5	26,9	143,4	25,0	151,5	35,1	157,4	32,5	150,8	30,6
	[u]	266,1	27,3	143,9	26,9	144,0	23,9	145,0	23,1	150,4	32,1	162,0	83,4	151,1	28,0
F1	[a]	885,8	143,3	683,6	90,0	731,0	95,9	701,3	91,0	671,6	86,4	697,1	56,3	715,7	66,7
	[i]	399,7	78,9	283,3	26,6	270,3	20,6	270,3	21,2	275,7	28,3	285,7	35,6	304,2	34,7
	[u]	432,4	59,5	363,3	33,7	351,8	37,9	333,9	46,1	342,2	39,3	337,7	41,7	343,4	46,8
F2	[a]	1741,4	139,1	1360,4	92,0	1292,6	68,3	1312,8	102,9	1347,0	115,9	1293,6	121,9	1346,5	106,6
	[i]	2725,6	193,5	2272,1	173,2	2244,6	143,1	2255,3	155,5	2171,1	154,9	2145,5	148,6	2164,2	179,9
	[u]	879,4	104,0	888,9	113,2	829,0	70,9	807,0	70,7	770,9	106,8	803,6	95,4	816,0	72,2
F3	[a]	3444,5	259,9	2675,6	213,7	2564,4	184,5	2600,5	186,1	2579,7	215,0	2605,7	150,8	2704,3	231,7
	[i]	3468,9	247,1	3187,7	234,5	3066,5	183,5	3126,4	147,3	3114,5	218,3	3016,0	243,6	2868,1	187,7
	[u]	3393,1	218,4	2652,9	204,6	2598,0	193,9	2524,7	185,5	2537,6	210,9	2441,7	232,0	2634,6	260,1

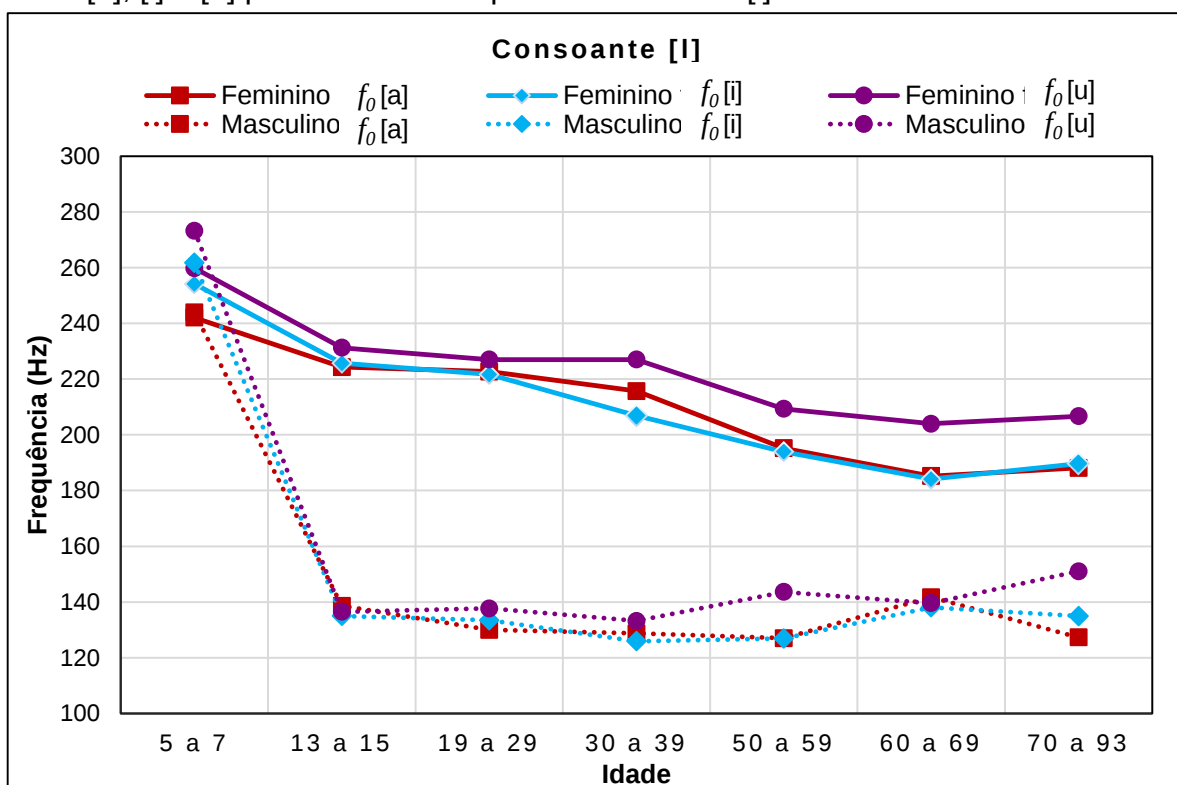
Legenda: ($\bar{x}$): média; (DP $\pm$): desvio padrão; (f_0): frequência fundamental; F1: primeiro formante; F2: segundo formante; F3: terceiro formante. Fonte: Elaborado pela autora. Dados da pesquisa, 2025.

Figura 15 – Valores médios da frequência fundamental (f_0), em Hertz, das vogais orais [a], [i] e [u] por idade e sexo para a consoante [p].



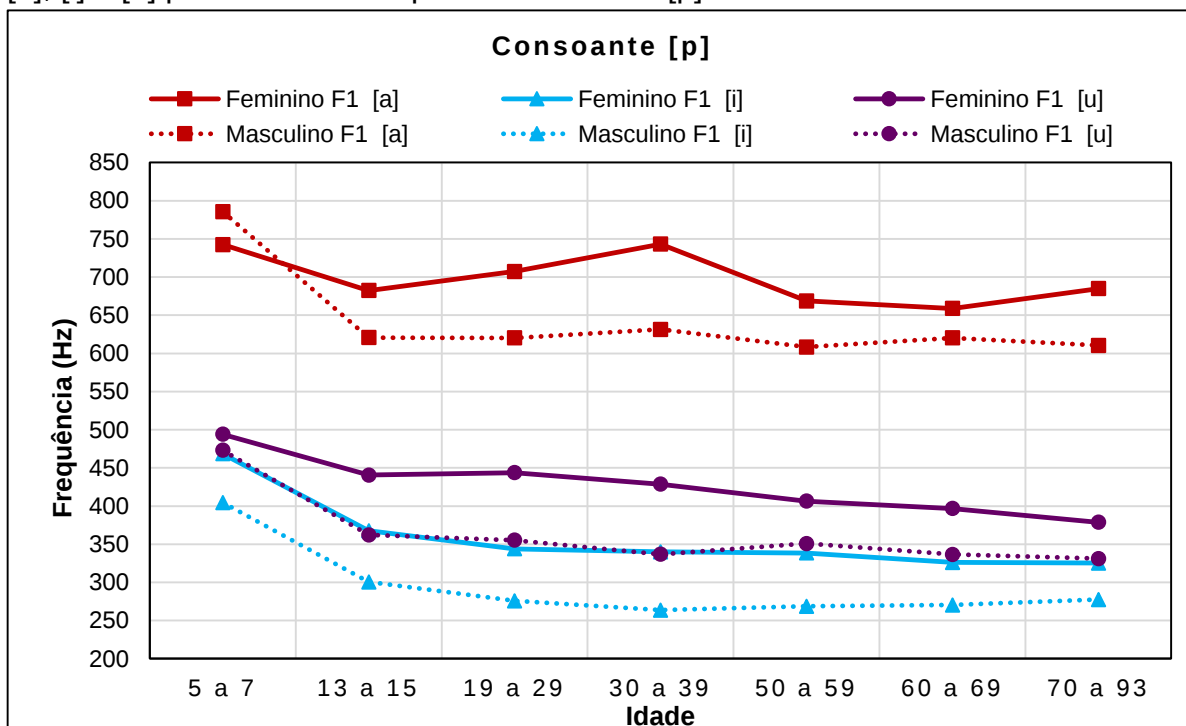
Fonte: Elaborado pela autora. Dados da pesquisa, 2025.

Figura 16 – Valores médios da frequência fundamental (f_0), em Hertz, das vogais orais [a], [i] e [u] por idade e sexo para a consoante [l].



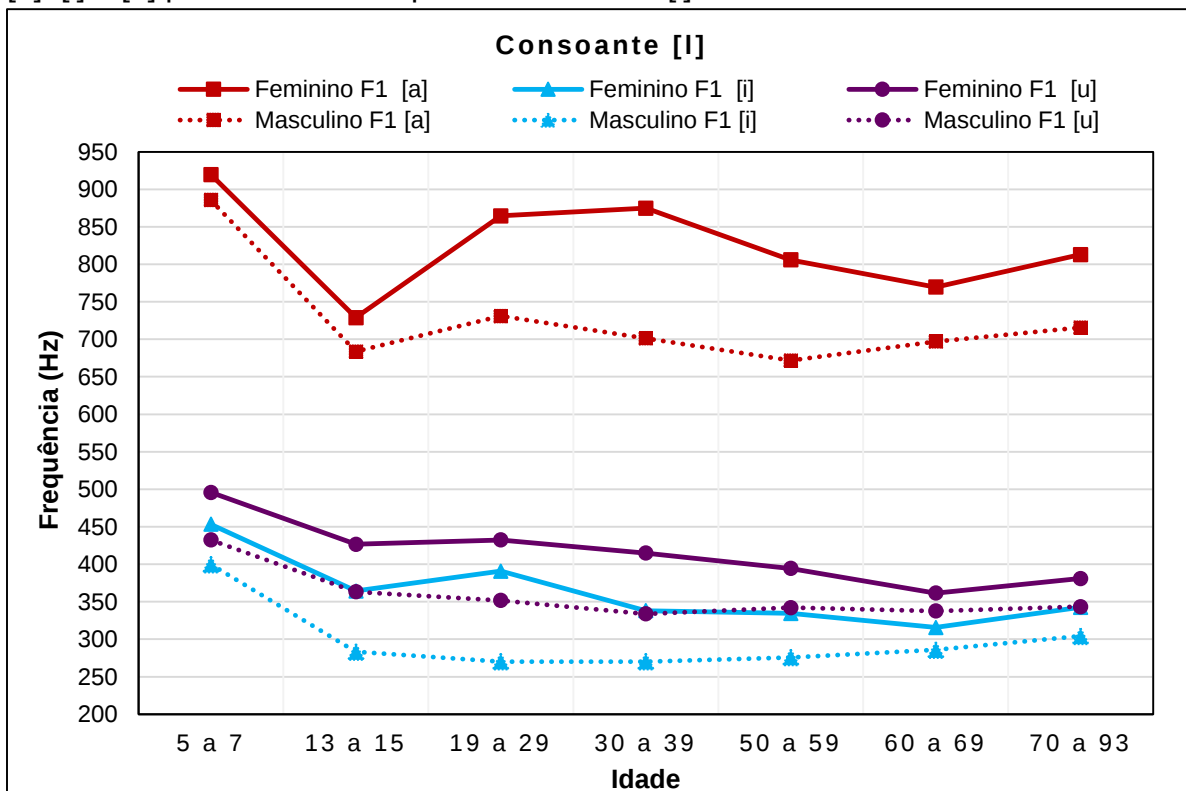
Fonte: Elaborado pela autora. Dados da pesquisa, 2025.

Figura 17 – Valores médios da frequência formante F1, em Hertz, das vogais orais [a], [i] e [u] por idade e sexo para a consoante [p].



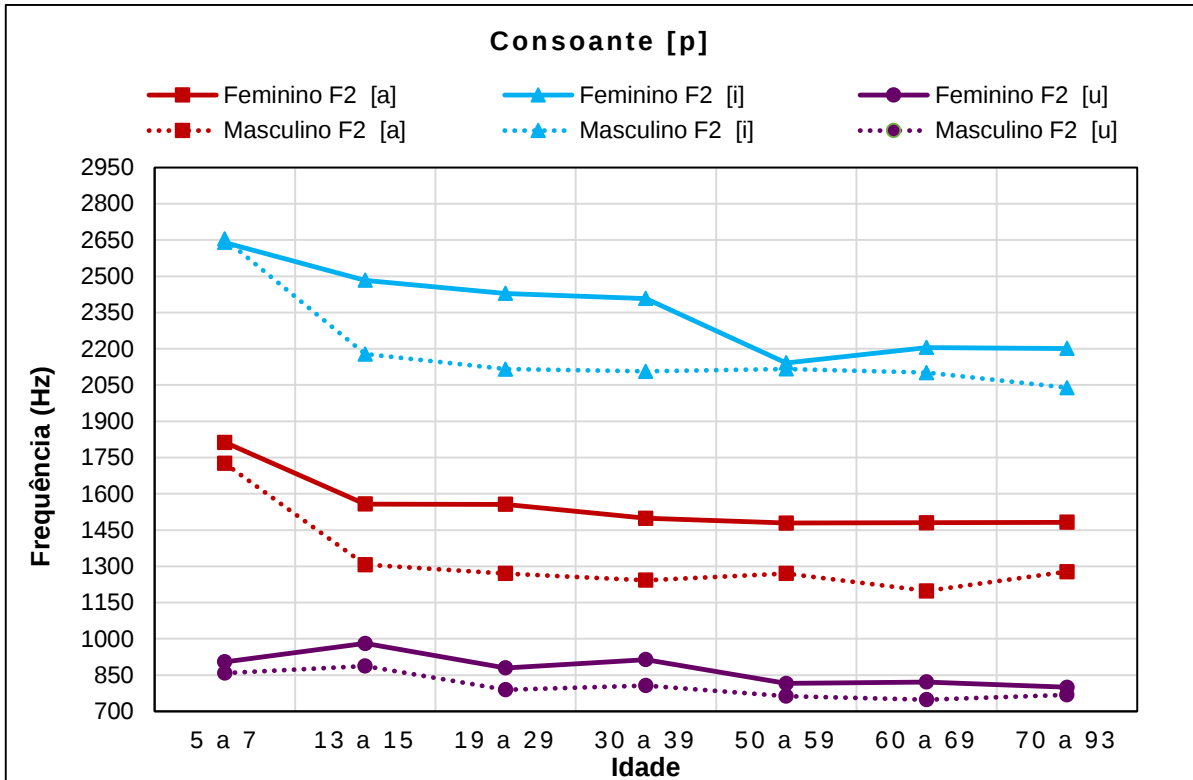
Fonte: Elaborado pela autora. Dados da pesquisa, 2025.

Figura 18 – Valores médios da frequência formante F1, em Hertz, das vogais orais [a], [i] e [u] por idade e sexo para a consoante [l].



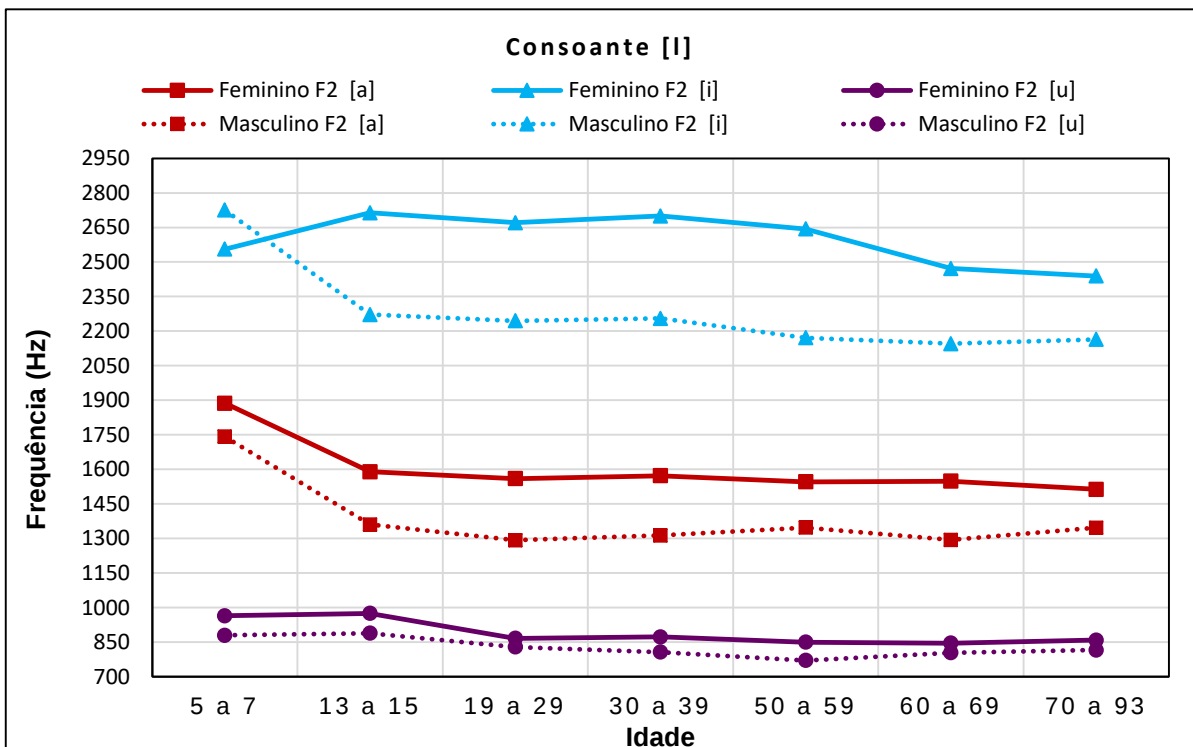
Fonte: Elaborado pela autora. Dados da pesquisa, 2025.

Figura 19 – Valores médios da frequência formante F2, em Hertz, das vogais orais [a], [i] e [u] por idade e sexo para a consoante [p].



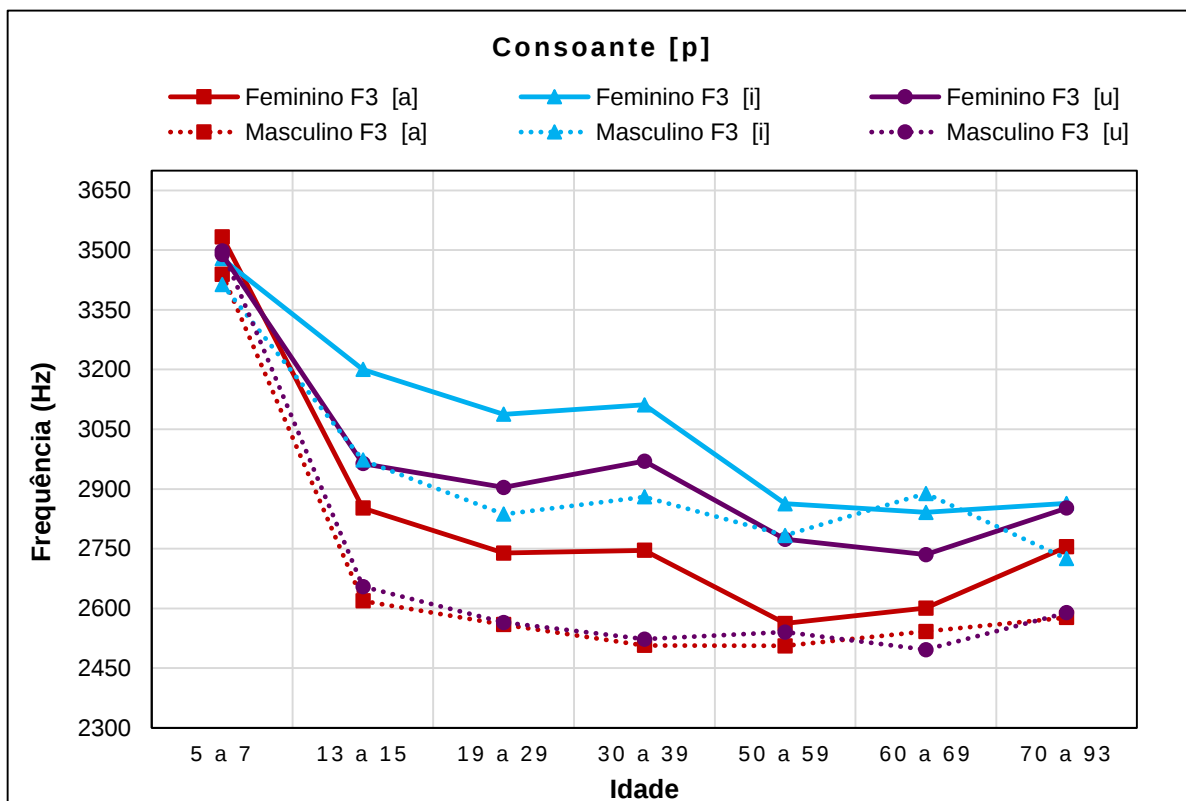
Fonte: Elaborado pela autora. Dados da pesquisa, 2025.

Figura 20 – Valores médios da frequência formante F2, em Hertz, das vogais orais [a], [i] e [u] por idade e sexo [a], [i] e [u] por idade e sexo para a consoante [l].



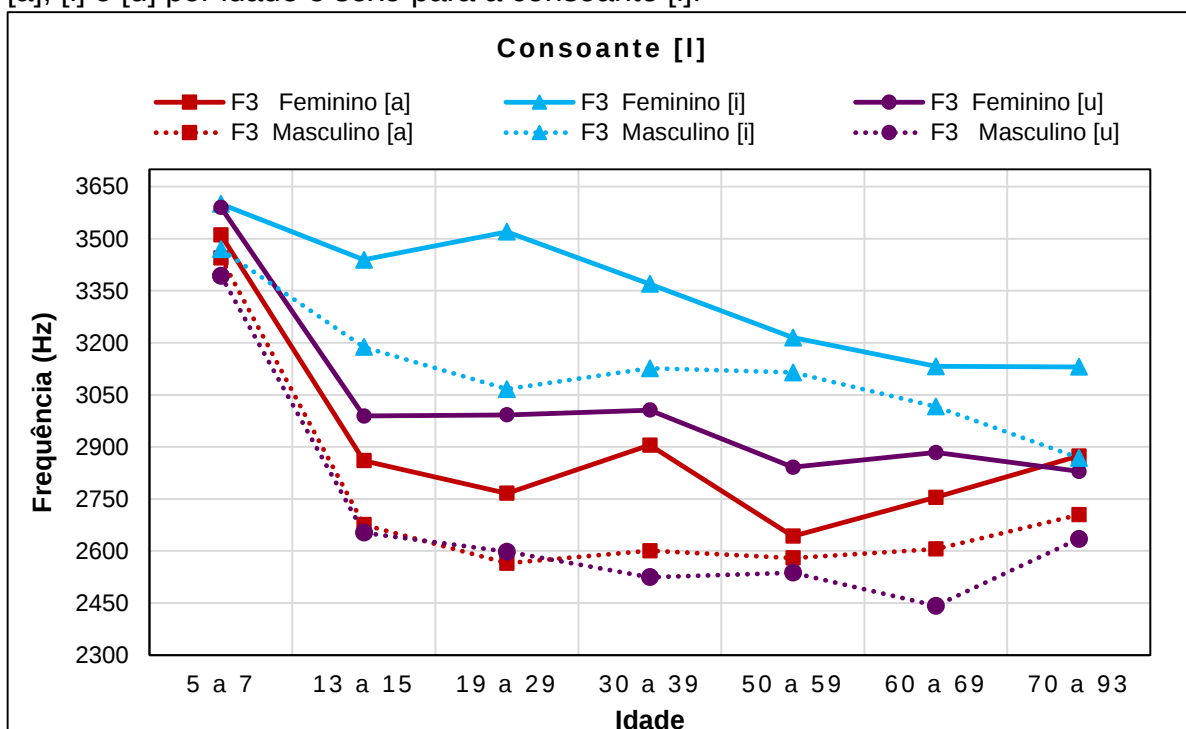
Fonte: Elaborado pela autora. Dados da pesquisa, 2025.

Figura 21 – Valores médios da frequência formante F3, em Hertz, das vogais orais [a], [i] e [u] por idade e sexo para a consoante [p].



Fonte: Elaborado pela autora. Dados da pesquisa, 2025.

Figura 22 – Valores médios da frequência formante F3, em Hertz, das vogais orais [a], [i] e [u] por idade e sexo para a consoante [l].



Fonte: Elaborado pela autora. Dados da pesquisa, 2025.

A fim de verificar os efeitos da idade e sexo sobre os parâmetros acústicos (f_0 , F1, F2 e F3), para cada uma das vogais orais ([a], [i] e [u]), precedidas das consoantes [p] e [l], o teste ANOVA *Two-Way* foi utilizado. A Tabela 5 apresenta os resultados do modelo fixo para idade, sexo e interação nos parâmetros acústicos das vogais orais [a], [i] e [u], precedidas de [p] e [l].

Tabela 5 – Modelo de efeito fixo para idade, sexo e interação nos parâmetros acústicos das vogais orais [a], [i] e [u] precedidas das consoantes [p] e [l].

	Idade	Sexo	Interação		Idade	Sexo	Interação
consoante [p] - vogal [a]				consoante [l] - vogal [a]			
f_0	<0,001*	<0,001*	<0,001*	f_0	<0,001*	<0,001*	<0,001*
F1	<0,001*	<0,001*	0,001*	F1	<0,001*	<0,001*	0,013*
F2	<0,001*	<0,001*	0,010*	F2	<0,001*	<0,001*	0,132
F3	<0,001*	<0,001*	0,178	F3	<0,001*	<0,001*	0,124
consoante [p] - vogal [i]				consoante [l] - vogal [i]			
f_0	<0,001*	<0,001*	<0,001*	f_0	<0,001*	<0,001*	<0,001*
F1	<0,001*	<0,001*	0,612	F1	<0,001*	<0,001*	0,001*
F2	<0,001*	<0,001*	<0,001*	F2	<0,001*	<0,001*	<0,001*
F3	<0,001*	<0,001*	0,021*	F3	<0,001*	<0,001*	0,004*
consoante [p] - vogal [u]				consoante [l] - vogal [u]			
f_0	<0,001*	<0,001*	<0,001*	f_0	<0,001*	<0,001*	<0,001*
F1	<0,001*	<0,001*	0,001*	F1	<0,001*	<0,001*	0,027*
F2	<0,001*	<0,001*	0,553	F2	<0,001*	<0,001*	0,801
F3	<0,001*	<0,001*	<0,001*	F3	<0,001*	<0,001*	0,008*

Legenda: (*) ANOVA de medidas repetidas fixado efeito significativo ($p < 0,05$); f_0 : frequência fundamental; F1: primeiro formante; F2: segundo formante; F3: terceiro formante. Fonte: Elaborado pela autora. Dados da pesquisa, 2025.

Os resultados da ANOVA indicaram diferenças significativas nos valores de f_0 , F1, F2 e F3 em função da idade e do sexo para as vogais [a], [i] e [u] em todas as 24 medidas acústicas analisadas (4 frequências $\times$ 3 vogais $\times$ 2 repetições das vogais). Os resultados também indicaram diferenças significativas, interação (idade e sexo) em 18 dessas medidas. As exceções da interação ocorreram nos valores médios das medidas acústicas F1 [pi], F2 [la], F2 [pu] e [lu], e F3 [pa] e [la]. Assim, o teste *post-hoc* de Tukey foi aplicado após a ANOVA em dois momentos: (i) após o efeito principal idade, para identificar diferenças significativas entre os grupos etários, independentemente do sexo; e (ii) após, a interação entre idade e sexo, para identificar as diferenças significativas entre idade e sexo.

A seguir, são apresentados: os resultados do efeito principal da idade, considerando sete grupos etários independentemente do sexo, seguidos da análise do teste *post-hoc* de Tukey para esses grupos; os resultados do efeito principal do sexo, independentemente da idade; e, por fim, os resultados da interação entre idade e sexo, seguidos da aplicação do teste *post-hoc* de Tukey.

5.1. Efeito principal idade

Nas Tabelas 6 e 7, são apresentados os valores médios ($\bar{x}$) e desvios-padrão (DP) da frequência fundamental (f_0) e dos formantes (F1, F2, F3) para as vogais orais [a], [i] e [u], considerando os sete grupos etários. A Tabela 6, exibe os resultados para as medidas acústicas das vogais precedidas pela consoante [p], e a Tabela 7 os resultados para as vogais precedidas pela consoante [l]. Em seguida, são apresentados os resultados do teste *post-hoc* de Tukey para comparações entre pares de grupos etários: Tabela 8, vogal [a]; Tabela 9, vogal [i]; e Tabela 10, vogal [u].

Tabela 6 – Valores médios e desvio padrão da frequência fundamental (f_0) e dos formantes, em Hertz, para as vogais orais [a], [i] e [u], precedidas da consoante [p], independentemente do sexo, nos sete grupos etários de falantes do PB.

Idade	5 a 7		13 a 15		19 a 29		30 a 39		50 a 59		60 a 69		70 a 93		
Variável	$\bar{x}$	DP±	$\bar{x}$	DP±	$\bar{x}$	DP±	$\bar{x}$	DP±	$\bar{x}$	DP±	$\bar{x}$	DP±	$\bar{x}$	DP±	
f_0	[a]	243,1	26,0	182,5	53,7	176,4	51,4	170,0	49,8	160,3	42,4	163,9	36,2	158,4	39,5
	[i]	258,2	22,4	181,4	50,9	177,5	50,1	164,4	46,9	159,6	42,8	161,7	36,0	162,9	44,0
	[u]	266,9	31,8	185,1	52,9	182,3	50,2	177,8	52,1	175,6	44,9	172,6	42,3	179,5	40,9
F1	[a]	765,3	90,8	652,2	83,4	663,7	76,1	684,4	98,4	637,8	69,3	640,0	74,6	648,6	100,8
	[i]	434,8	55,9	335,0	51,6	309,9	43,2	299,8	49,6	302,7	48,3	298,9	46,4	302,0	37,9
	[u]	483,0	49,4	402,3	49,0	399,5	54,6	380,4	56,3	377,8	50,7	367,4	50,7	355,6	49,2
F2	[a]	1766,9	167,1	1435,0	185,6	1413,1	182,1	1364,1	163,7	1371,9	148,0	1342,6	182,6	1382,1	162,5
	[i]	2647,1	191,1	2334,3	230,7	2272,3	216,2	2249,7	223,9	2077,2	121,7	2154,4	178,4	2122,0	163,8
	[u]	880,5	100,5	935,5	113,2	834,6	102,2	857,3	109,1	788,3	97,2	785,4	113,7	784,4	90,8
F3	[a]	3483,9	241,2	2738,2	220,3	2644,1	188,9	2620,4	202,8	2533,1	231,4	2572,4	210,4	2667,8	215,9
	[i]	3444,1	245,6	3089,0	288,5	2962,0	182,9	2989,9	280,9	2822,2	156,9	2864,3	231,3	2795,9	227,1
	[u]	3493,8	233,6	2812,8	288,4	2734,2	249,5	2735,0	287,5	2654,1	228,6	2618,6	227,3	2723,9	257,9

Legenda: ($\bar{x}$): média; (DP±): desvio padrão; f_0 : frequência fundamental; F1: primeiro formante; F2: segundo formante; F3: terceiro formante. Fonte: Elaborado pela autora. Dados da pesquisa, 2025.

Tabela 7 – Valores médios e desvio padrão da frequência fundamental (f_0) e dos formantes, em Hertz, para as vogais orais [a], [i] e [u], precedidas da consoante [l], independentemente do sexo, nos sete grupos etários de falantes do PB.

Idade	5 a 7		13 a 15		19 a 29		30 a 39		50 a 59		60 a 69		70 a 93		
Variável	$\bar{x}$	DP±	$\bar{x}$	DP±	$\bar{x}$	DP±	$\bar{x}$	DP±	$\bar{x}$	DP±	$\bar{x}$	DP±	$\bar{x}$	DP±	
f_0	[a]	248,0	25,5	183,6	52,8	176,3	46,6	175,2	52,9	167,9	38,7	168,9	37,4	169,2	34,7
	[i]	255,6	26,0	188,0	51,6	184,2	50,7	184,2	50,2	186,0	45,4	186,1	42,0	186,3	45,5
	[u]	263,7	26,1	188,7	48,8	185,5	46,6	186,5	50,9	180,2	40,2	190,6	43,7	183,4	43,6
F1	[a]	901,8	125,9	706,8	82,5	797,8	118,0	783,8	117,9	740,7	124,5	734,2	70,7	765,5	116,3
	[i]	425,0	81,0	324,8	56,4	330,6	97,0	302,5	44,5	304,4	45,6	301,1	36,0	323,8	44,1
	[u]	462,3	65,9	395,8	44,8	392,1	54,9	372,4	61,2	367,7	46,7	349,7	45,6	362,6	49,0
F2	[a]	1810,0	100,5	1477,8	166,4	1428,8	158,4	1436,2	159,4	1444,1	145,5	1424,1	178,3	1431,7	153,9
	[i]	2645,4	222,4	2498,2	266,5	2457,4	293,9	2466,3	260,3	2401,7	287,5	2312,7	296,0	2305,2	209,7
	[u]	919,4	111,1	932,8	116,0	847,8	83,5	838,2	87,3	809,3	103,0	825,3	104,4	837,8	85,8
F3	[a]	3475,5	238,3	2770,1	234,7	2665,3	222,3	2748,8	230,2	2610,4	204,8	2682,0	161,4	2791,1	224,6
	[i]	3530,8	232,4	3316,5	256,8	3293,2	308,3	3242,1	214,3	3163,5	223,7	3075,4	255,8	3002,4	245,0
	[u]	3486,0	253,1	2824,9	262,3	2795,1	277,1	2753,4	306,5	2685,7	231,7	2668,1	299,4	2734,4	250,1

Legenda: ($\bar{x}$): média; (DP $\pm$): desvio padrão; f_0 : frequência fundamental; F1: primeiro formante; F2: segundo formante; F3: terceiro formante. Fonte: Elaborado pela autora. Dados da pesquisa, 2025.

Tabela 8 – P-valor exato do teste *post-hoc* de Tukey para o fator idade, sete grupos, nas medidas acústicas de f_0 , F1, F2 e F3 para vogal [a], nos contextos [p] e [l].

Medidas Acústicas	f_0 [a]	F1 [a]	F2 [a]	F3 [a]	f_0 [a]	F1 [a]	F2 [a]	F3 [a]
Comparações	Consoante [p]				Consoante [l]			
G1 - G2	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*
G1 - G3	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*
G1 - G4	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*
G1 - G5	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*
G1 - G6	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*
G1 - G7	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*
G2 - G3	0,976	0,992	0,993	0,378	0,928	0,000*	0,528	0,228
G2 - G4	0,697	0,377	0,280	0,187	0,977	0,002*	0,868	1,000
G2 - G5	0,008*	0,990	0,352	0,000*	0,172	0,614	0,922	0,007*
G2 - G6	0,031*	0,993	0,012*	0,005*	0,153	0,861	0,337	0,424
G2 - G7	0,001*	1,000	0,473	0,707	0,172	0,088+	0,560	0,999
G3 - G4	0,992	0,822	0,712	1,000	1,000	0,999	0,998	0,438
G3 - G5	0,112	0,765	0,791	0,163	0,813	0,115	0,993	0,881
G3 - G6	0,271	0,796	0,094+	0,661	0,785	0,036*	1,000	1,000
G3 - G7	0,020*	0,967	0,883	0,999	0,812	0,690	1,000	0,073+
G4 - G5	0,478	0,075+	1,000	0,376	0,698	0,324	1,000	0,026*
G4 - G6	0,740	0,087+	0,917	0,888	0,665	0,136	0,980	0,668
G4 - G7	0,161	0,256	1,000	0,976	0,697	0,924	0,999	0,984
G5 - G6	1,000	1,000	0,858	0,980	1,000	1,000	0,953	0,708
G5 - G7	0,997	0,998	1,000	0,049*	1,000	0,944	0,995	0,001*
G6 - G7	0,956	0,999	0,758	0,349	1,000	0,767	1,000	0,173

Legenda: **post-hoc* de Tukey ($p < 0,05$); f_0 : frequência fundamental; F1: primeiro formante; F2: segundo formante; F3: terceiro formante; G1 (5-7); G2 (13-15); G3 (19-29); G4 (30-39); G5 (50-59); G6 (60-69); G7 (70-93). Fonte: Elaborado pela autora. Dados da pesquisa, 2025.

Tabela 9 – P-valor exato do teste *post-hoc* de Tukey para o fator idade, sete grupos, nas medidas acústicas de f_0 , F1, F2 e F3 para vogal [i] nos contextos [p] e [l].

Medidas Acústicas	f_0 [i]	F1 [i]	F2 [i]	F3 [i]	f_0 [i]	F1 [i]	F2 [i]	F3 [i]
Comparações	Consoante [p]				Consoante [l]			
G1 - G2	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,008*	0,000*
G1 - G3	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*
G1 - G4	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,002*	0,000*	0,000*
G1 - G5	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*
G1 - G6	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*
G1 - G7	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*
G2 - G3	0,999	0,027*	0,637	0,137	0,999	0,996	0,976	1,000
G2 - G4	0,197	0,001*	0,368	0,517	1,000	0,585	1,000	0,830
G2 - G5	0,010*	0,002*	0,000*	0,000*	1,000	0,632	0,350	0,033*
G2 - G6	0,015*	0,000*	0,000*	0,000*	1,000	0,371	0,000*	0,000*
G2 - G7	0,029*	0,000*	0,000*	0,000*	1,000	1,000	0,000*	0,000*
G3 - G4	0,460	0,942	1,000	0,993	1,000	0,212	0,999	0,967
G3 - G5	0,044*	0,983	0,000*	0,063+	0,999	0,243	0,879	0,103
G3 - G6	0,063+	0,740	0,012*	0,410	1,000	0,099+	0,004*	0,000*
G3 - G7	0,107	0,927	0,000*	0,010*	1,000	0,995	0,002*	0,000*
G4 - G5	0,946	1,000	0,000*	0,008*	1,000	1,000	0,607	0,603
G4 - G6	0,971	0,999	0,051+	0,106	1,000	1,000	0,001*	0,006*
G4 - G7	0,992	1,000	0,002*	0,001*	1,000	0,611	0,000*	0,000*
G5 - G6	1,000	0,993	0,342	0,979	1,000	1,000	0,185	0,492
G5 - G7	1,000	1,000	0,904	0,997	1,000	0,659	0,126	0,011*
G6 - G7	1,000	1,000	0,965	0,774	1,000	0,396	1,000	0,713

Legenda: **post-hoc* de Tukey ($p < 0,05$); f_0 : frequência fundamental; F1: primeiro formante; F2: segundo formante; F3: terceiro formante; G1 (5-7); G2 (13-15); G3 (19-29); G4 (30-39); G5 (50-59); G6 (60-69); G7 (70-93). Fonte: Elaborado pela autora. Dados da pesquisa, 2025.

Tabela 10 – P-valor exato do teste *post-hoc* de Tukey para o fator idade, sete grupos, nas medidas acústicas de f_0 , F1, F2 e F3 para vogal [u] nos contextos [p] e [l].

Medidas Acústicas	f_0 [u]	F1 [u]	F2 [u]	F3 [u]	f_0 [u]	F1 [u]	F2 [u]	F3 [u]
Comparações	Consoante [p]				Consoante [l]			
G1 - G2	0,000*	0,000*	0,222	0,000*	0,000*	0,000*	0,999	0,000*
G1 - G3	0,000*	0,000*	0,344	0,000*	0,000*	0,000*	0,011*	0,000*
G1 - G4	0,000*	0,000*	0,961	0,000*	0,000*	0,000*	0,003*	0,000*
G1 - G5	0,000*	0,000*	0,001*	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*
G1 - G6	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*
G1 - G7	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,002*	0,000*
G2 - G3	1,000	1,000	0,000*	0,663	1,000	1,000	0,001*	0,998
G2 - G4	0,996	0,322	0,012*	0,827	1,000	0,338	0,000*	0,888
G2 - G5	0,869	0,110	0,000*	0,017*	0,915	0,082+	0,000*	0,057+
G2 - G6	0,384	0,001*	0,000*	0,001*	1,000	0,000*	0,000*	0,009*
G2 - G7	0,979	0,000*	0,000*	0,471	0,980	0,012*	0,000*	0,439
G3 - G4	1,000	0,444	0,906	1,000	0,998	0,525	1,000	0,995
G3 - G5	0,954	0,173	0,341	0,626	0,987	0,166	0,548	0,221
G3 - G6	0,554	0,002*	0,231	0,131	0,990	0,000*	0,927	0,051+
G3 - G7	0,997	0,000*	0,221	1,000	0,999	0,029*	0,999	0,801
G4 - G5	0,996	0,999	0,020*	0,466	0,852	0,996	0,801	0,637
G4 - G6	0,802	0,506	0,010*	0,074+	1,000	0,131	0,992	0,267
G4 - G7	1,000	0,022*	0,009*	0,998	0,953	0,868	1,000	0,991
G5 - G6	0,986	0,811	1,000	0,973	0,733	0,433	0,993	0,997
G5 - G7	1,000	0,088+	1,000	0,812	1,000	0,995	0,856	0,966
G6 - G7	0,897	0,823	1,000	0,256	0,885	0,838	0,997	0,727

Legenda: **post-hoc* de Tukey ($p < 0,05$); f_0 : frequência fundamental; F1: primeiro formante; F2: segundo formante; F3: terceiro formante; G1 (5-7); G2 (13-15); G3 (19-29); G4 (30-39); G5 (50-59); G6 (60-69); G7 (70-93). Fonte: Elaborado pela autora. Dados da pesquisa, 2025

Os resultados descritivos para o efeito principal idade (sete grupos etários) e os resultados das análises estatísticas observados nas comparações múltiplas realizadas por meio do teste *post-hoc* de Tukey, em relação à cada parâmetro acústico (f_0 , F1, F2, F3), das vogais ([a], [i], [u]), precedidas pelas consoantes ([p], [l]), são descritos a seguir, separadamente, conforme apresentados nas Tabelas de 6 a 10.

5.1.1 Efeito principal idade para frequência fundamental (f_0)

Conforme as tabelas 6 e 7 e os resultados do teste *post-hoc* de Tukey (Tabelas 8 a 10) observou-se que o grupo G1 (crianças), apresentou valores médios significativamente mais altos que todos os demais grupos etários (G2-G7), para todas as vogais, precedidas de ambas as consoantes. Verificou-se uma queda acentuada nos valores médios das crianças para os adolescentes. O grupo G2 (adolescentes) apresentou valores médios significativamente mais altos em comparação aos grupos de adultos de meia-idade, idosos e idosos de idade avançada (G5-G7), especificamente nas vogais [a] e [i], precedidas de [p]. O grupo G3 (adultos jovens) apresentou valores médios significativamente mais altos em comparação com os idosos de idade avançada (G7) para a vogal [a] e na comparação com os adultos de meia-idade (G5) para a vogal [i], ambas precedidas de [p]. Entre os grupos G4-G7 (adultos a idosos de idade avançada) não foram encontradas diferenças estatisticamente significativas para todas as vogais e consoantes.

Sumarizando, considerando a f_0 , os resultados indicaram que ocorreu uma diminuição dos valores ao longo da vida, com variações conforme o grupo etário, a vogal e a consoante precedente. As crianças (5-7 anos) apresentaram valores médios significativamente mais altos que todos os demais grupos (13-93 anos), para todas as vogais e consoantes. Entre crianças e adolescentes, verificou-se uma queda acentuada. Os adolescentes mantiveram valores significativamente mais altos que adultos de meia-idade, idosos e idosos de idade avançada, nas vogais [a] e [i], precedidas de [p]. Os adultos jovens mantiveram os valores mais altos apenas na comparação com idosos de idade avançada para a vogal [a] e com adultos de meia-idade para a vogal [i], ambos precedidas de [p]. Considerando todas as vogais e as consoantes, os resultados indicaram ausência de diferenças significativas (i) da adolescência à idade adulta (G2-G4) e (ii) do adulto de meia-idade a idade avançada

(G5-G7) Tabelas (6 a10), caracterizando dois períodos de estabilidade da f_0 entre as faixas etárias investigadas.

5.1.2 Efeito principal idade para os formantes F1, F2, F3

Conforme os resultados das tabelas 6 e 7 e do teste *post-hoc* de Tukey (Tabelas 8 a 10), verificou-se que o grupo G1 (crianças) apresentou valores médios significativamente mais altos para os formantes em relação à todos os demais grupos etários (G2-G7), considerando todas as vogais, precedidas de ambas as consoantes, com exceção do F2 da vogal [u]. Nesse caso específico, não houve diferença significativa entre crianças e adolescentes (G2), para ambas as consoantes, nem entre crianças e adultos jovens e adultos (G3-G4), quando a vogal foi precedida de [p]. Observou-se, ainda, uma queda acentuada nos valores entre crianças (G1) e adolescentes (G2), especialmente nas vogais [a] e [i].

O grupo G2 (adolescentes), apresentou valores médios significativamente diferentes dos demais grupos etários (G3-G7), conforme o parâmetro acústico, a vogal e a consoante precedente. Considerando F1, os adolescentes apresentaram valores médios significativamente mais altos que os demais grupos etários (G3-G7) para a vogal [i], precedida de [p] e também mais altos do que idosos e idosos de idade avançada (G6-G7) para a vogal [u], independentemente da consoante precedente. Uma única exceção ocorreu no F1 da vogal [a], em que adolescentes apresentaram valores médios significativamente mais baixos do que adultos jovens e adultos (G3-G4), quando a vogal foi precedida de [l]. Quanto ao F2, os adolescentes apresentaram valores médios significativamente mais altos do que: a) os idosos (G6), para a vogal [a] precedida por [p]; b) os adultos de meia-idade (G5), para a vogal [i] precedida de [p], c) os idosos e idosos de idade avançada (G6-G7) para essa mesma vogal precedida por ambas as consoantes e d) todos os demais grupos etários (G3-G7), para a vogal [u], também em ambas as consoantes. Considerando F3, os adolescentes apresentaram valores médios significativamente mais altos do que: a) os adultos de meia-idade (G5), para a vogal [a], em ambas as consoantes, b) os idosos (G6), para essa mesma vogal, quando precedida por [p], c) os adultos de meia-idade e idosos (G5-G6), para vogal [i], para ambas as consoantes, d) os idosos de idade avançada (G7), para essa mesma vogal, quando precedida por [l]; e) os adultos de meia-idade (G5), para vogal [u], quando precedido por [p] e f) os idosos (G6), para

essa mesma vogal, em ambas as consoantes (Tabelas 6 a10).

O grupo G3 (adultos jovens), apresentou valores médios significativamente diferentes dos demais grupos etários (G4-G7), conforme o parâmetro acústico, a vogal e a consoante precedente. Considerando o formante F1, os adultos jovens apresentaram valores médios significativamente mais altos que os idosos (G6) para a vogal [a], quando precedida de [l], e, também, valores mais altos que os idosos e os idosos de idade avançada (G6–G7) para a vogal [u], independentemente da consoante precedente. Não foram observadas diferenças significativas para a vogal [i]. Considerando o formante F2, os adultos jovens apresentaram valores médios significativamente mais altos do que os adultos de meia-idade (G5) para a vogal [i], quando precedida de [p], e, também mais altos do que os idosos e os idosos de idade avançada (G5–G7) para essa mesma vogal, independentemente da consoante precedente. Considerando todos os formantes (F1, F2, F3), as vogais ([a], [i], [u]) e as consoantes precedentes ([p], [l]), os resultados não indicaram diferenças estatisticamente significativas entre adultos jovens (19 a 29 anos) e adultos (30 a 39 anos). Esses achados sugerem que esse intervalo representa um primeiro período de estabilidade acústica, caracterizando estas faixas etárias como um possível marco de maturação funcional ao longo da vida (Tabelas 6 a 10).

O grupo G4 (adultos), apresentou valores médios significativamente diferentes dos demais grupos etários (G5-G7) dependendo do parâmetro acústico, da vogal e da consoante precedente. Considerando F1, os adultos apresentaram valores médios significativamente mais altos do que os idosos de idade avançada (G7) apenas para a vogal [u], quando precedida de [p]. Considerando F2, adultos apresentaram valores médios significativamente mais altos do que os adultos de meia-idade (G5) para a vogais [i], precedida de [p], e, também, em comparação com os idosos (G6), quando precedida de [l], e em comparação com os que idosos de idade avançada (G7), independentemente da consoante precedente. Adultos, em F2, também apresentaram valores médios significativamente mais altos do que os adultos de meia-idade até idosos de idade avançada (G5–G7), para a vogal [u], quando precedida de [p]. Considerando F3, os adultos apresentaram valores médios significativamente mais altos do que os adultos de meia-idade (G5) para a vogal [a], quando precedida de [l]. Também apresentaram valores mais altos do que adultos de meia-idade e idosos (G5–G6) para vogal [i], quando precedido de [p]; do que idosos (G6), para essa mesma vogal, quando precedida de [l]; e

do que idosos de idade avançada (G7), para essa mesma vogal, independentemente da consoante precedente (Tabelas 6 a 10).

O grupo G5 (adultos de meia-idade), apresentou valores médios significativamente diferentes apenas para o formante F3, para as vogais [a] e [i], na comparação com idosos de idade avançada (G7), dependendo da consoante. Mais especificamente, adultos de meia-idade apresentaram valores médios significativamente mais baixos do que idosos de idade avançada para a vogal [a], independentemente da consoante precedente. Também foram observadas diferenças significativas entre adultos de meia-idade (G5) e idosos de idade avançada (G7) para a vogal [i] precedida de [l], com os primeiros apresentando valores médios mais baixos. Considerando os três formantes (F1, F2, F3), as vogais ([a], [i], [u]) e as consoantes precedentes ([p], [l]), os resultados não indicaram diferenças estatisticamente significativas entre adultos de meia-idade (50 a 59 anos) e idosos (60 a 69 anos). Esses achados sugerem que este intervalo representa o início do segundo período de estabilidade acústica, caracterizando essa faixa etária como um possível marco de transição ao longo da vida (Tabelas 6 a 10).

Os grupos G6 (idosos) e G7 (idosos de idade avançada) não apresentaram diferenças estatisticamente significativas entre si, considerando todos os formantes (F1, F2, F3), as vogais ([a], [i], [u]) e as consoantes precedentes ([p], [l]). Esses achados sugerem estabilidade dos padrões acústicos a partir dos 60 anos (Tabelas 6 a 10).

Sumarizando, considerando os formantes F1, F2, F3, os resultados indicaram que crianças (5-7 anos) apresentaram médias significativamente mais altas que todos os grupos, com queda acentuada na comparação com adolescentes, exceto em F2 [u], para adolescentes em [p] e [l], adultos jovens e adultos (G3-G4) em [p]. Adolescentes (13-15 anos) apresentaram médias mais altas a depender do formante, da vogal e da consoante. Adultos (30-39 anos) apresentaram valores mais altos do que os grupos subsequentes para F2 e F3, a depender da vogal e da consoante precedente. Adultos (30-39 anos) também apresentaram valores mais altos do que idosos de idade avançada apenas para a vogal [u], quando precedida de [p]. Adultos de meia-idade (50-59 anos) e idosos não se diferenciaram, indicando o início do segundo período de estabilidade acústica (50-69 anos). Por fim, não houve diferenças

entre idosos e idosos (60-69 anos) de idade avançada, indicando estabilidade acústica entre 60 e 93 anos), caracterizando um possível período de manutenção da estabilidade dos padrões acústicos ao longo da vida. (Tabelas 6 a 10).

5.2 Efeito principal sexo

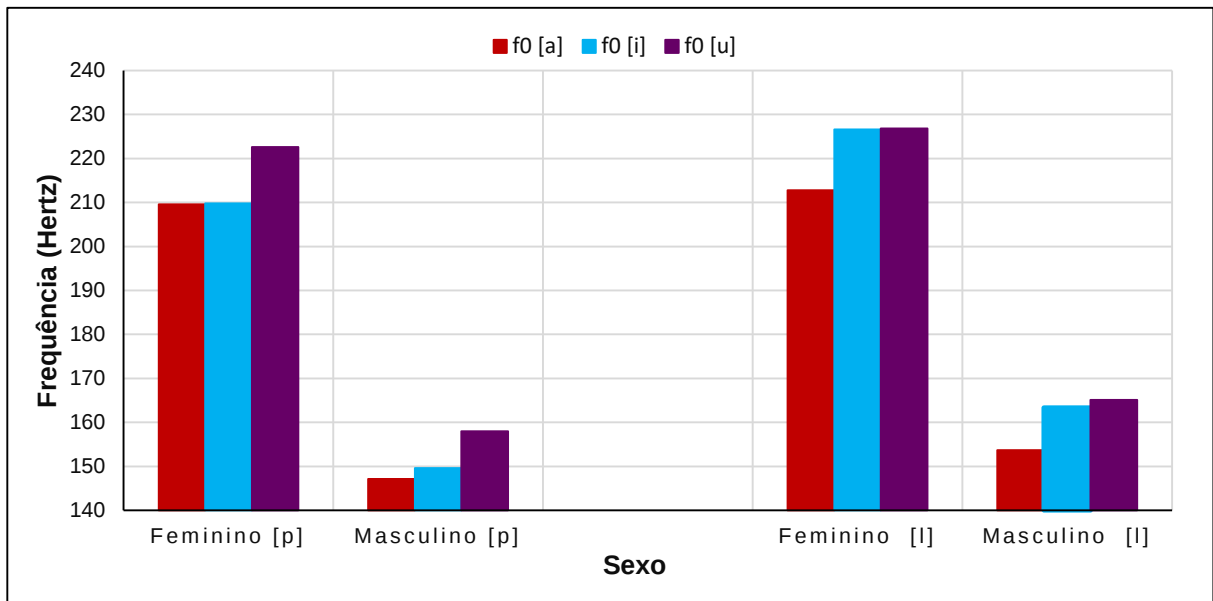
Em relação ao efeito principal sexo, ao considerar todos os grupos etário, houve efeito estatisticamente significativo ($p < 0,001$) para as 24 medidas acústicas (Tabela 5). Os valores médios ($\bar{x}$) e o desvio padrão ($DP \pm$) da frequência fundamental (f_0) e dos formantes (F1, F2, F3) para as vogais ([a], [i] e [u]), precedidas de [p] e [l], independentemente da idade, são apresentandos na Tabela 11 e Figuras 23, 24 e 25.

Tabela 11 – Valores médios e desvio padrão das frequências fundamental (f_0) e dos formantes F1, F2 e F3, em Hertz, para as vogais orais [a], [i] e [u], precedidas das consoantes [p] e [l], para ambos os sexos.

Sexo	Feminino		Masculino	
	$\bar{x}$	$DP \pm$	$\bar{x}$	$DP \pm$
<i>Consoante [p]</i>			<i>Consoante [p]</i>	
f_0	[a]	209,6 (30,6)	[a]	147,1 (47,4)
	[i]	209,8 (32,0)	[i]	149,6 (52,4)
	[u]	222,6 (28,4)	[u]	158,0 (54,4)
F1	[a]	696,5 (85,3)	[a]	640,9 (93,1)
	[i]	355,8 (56,4)	[i]	293,1 (56,3)
	[u]	425,2 (49,5)	[u]	362,6 (60,01)
F2	[a]	1546,1 (171,3)	[a]	1323,1 (193,1)
	[i]	2351,0 (220,8)	[i]	2167,5 (257,0)
	[u]	872,7 (111,5)	[u]	802,2 (110,0)
F3	[a]	2808,1 (340,0)	[a]	2669,8 (370,9)
	[i]	3052,5 (295,0)	[i]	2923,0 (303,7)
	[u]	2941,1 (299,6)	[u]	2686,3 (383,8)
<i>Consoante [l]</i>			<i>Consoante [l]</i>	
f_0	[a]	212,8 (28,4)	[a]	153,7 (47,6)
	[i]	226,6 (26,6)	[i]	163,3 (49,3)
	[u]	226,8 (28,1)	[u]	165,1 (49,2)
F1	[a]	821,9 (113,7)	[a]	726,0 (112,0)
	[i]	360,7 (71,6)	[i]	297,2 (56,7)
	[u]	413,1 (57,5)	[u]	356,9 (53,2)
F2	[a]	1595,0 (162,9)	[a]	1381,7 (178,7)
	[i]	2598,7 (223,0)	[i]	2278,3 (243,2)
	[u]	888,7 (108,2)	[u]	826,9 (98,01)
F3	[a]	2886,2 (310,3)	[a]	2731,9 (351,2)
	[i]	3336,9 (280,5)	[i]	3118,4 (265,7)
	[u]	3003,9 (297,3)	[u]	2675,5 (359,4)

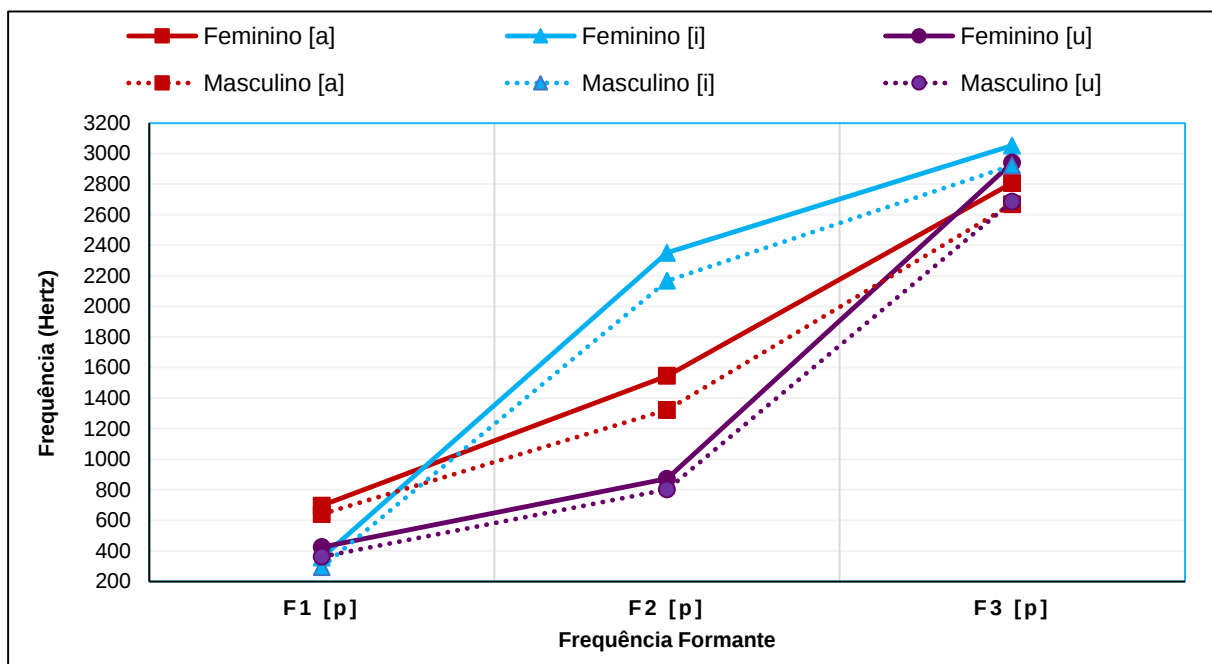
Legenda: ($\bar{x}$): média; ($DP \pm$): desvio padrão para mais ou para menos; f_0 : frequência fundamental; F1: primeiro formante; F2: segundo formante; F3: terceiro formante. Fonte: Elaborado pela autora. Dados da pesquisa, 2025.

Figura 23 – Comparação entre os sexos feminino e masculino dos valores médios significantes ($p < 0,001$) para as frequências fundamentais (f_0), em Hertz, das vogais orais [a], [i] e [u], precedidas das consoantes [p] e [l], independentemente da idade.



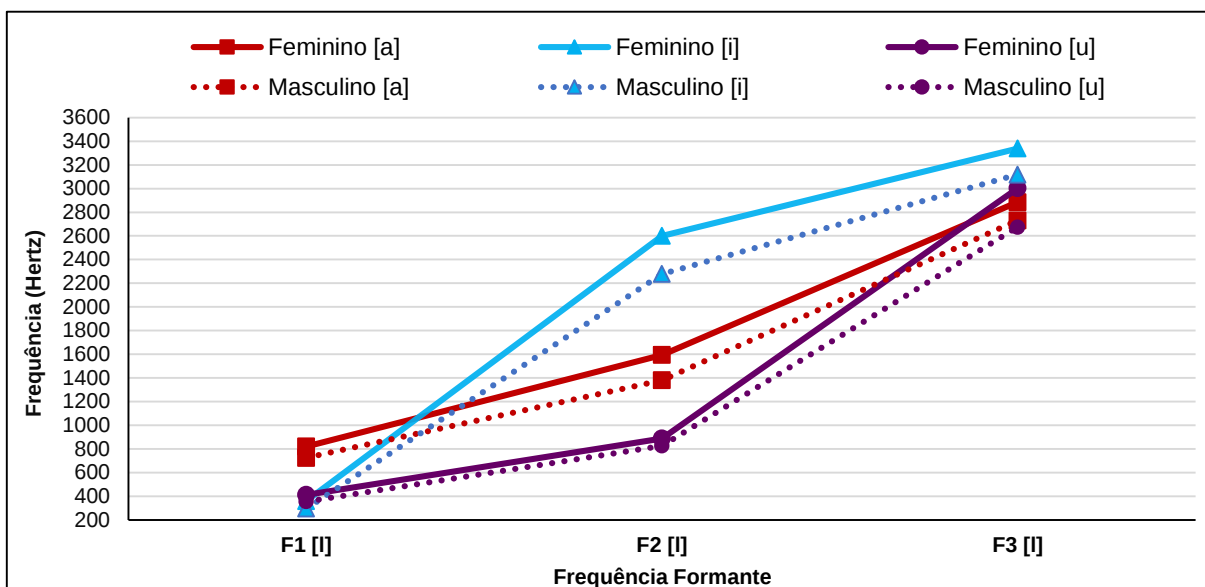
Legenda: f_0 : frequência fundamental. Fonte: Elaborado pela autora. Dados da pesquisa, 2025.

Figura 24 – Comparação entre os sexos feminino e masculino dos valores médios significantes ($p < 0,001$) para as frequências dos formantes (F1, F2, F3), em Hertz, das vogais orais [a], [i] e [u], precedidas das consoantes [p], independentemente da idade.



Legenda: F1: primeiro formante; F2: segundo formante; F3: terceiro formante. Fonte: Elaborado pela autora. Dados da pesquisa, 2025

Figura 25 – Comparação entre os sexos feminino e masculino dos valores médios estatisticamente significantes ($p < 0,001$) para as frequências dos formantes (F1, F2, F3), em Hertz, das vogais orais [a], [i] e [u] precedidas das consoantes [l], independentemente da idade.



Legenda: F1: primeiro formante; F2: segundo formante; F3: terceiro formante. Fonte: Elaborado pela autora. Dados da pesquisa, 2025

Considerando a frequência fundamental (f_0) (Tabela 11 e Figura 22) para todas as vogais ([a], [i] e [u]), em ambas as consoantes ([p], [l]), independentemente da idade, observou-se valores significativamente mais altos no sexo feminino em comparação com o sexo masculino. Em f_0 , os valores das diferenças das médias entre o sexo feminino e o masculino, independentemente da idade, foram: f_0 [a] ([p]:62,5 Hz; [l]:59,1 Hz); f_0 [i] ([p]:60,2 Hz; [l]:63,3 Hz); e f_0 [u] ([p]:64,6 Hz; [l]:61,7 Hz).

Considerando a análise dos formantes (Tabela 11, Figuras 23 e 24) para todas as vogais ([a], [i] e [u]), em ambas as consoantes ([p], [l]), independentemente da idade, observou-se, de modo geral, que os valores médios dos formantes foram mais altos para o sexo feminino quando comparados ao sexo masculino em todas as vogais.

Em F1, os valores médios femininos foram mais altos que os do sexo masculinos em todas as vogais. Os valores das diferenças das médias significativas entre mulheres e homens, independentemente da idade, foram: F1 [a] ([p]:55,6 Hz e [l]:95,9 Hz); F1 [i] ([p]:62,7 Hz e [l]:63,5 Hz); e F1 [u] ([p]:62,6 Hz e [l]:56,2 Hz).

Em F2, os valores das diferenças das médias do sexo feminino foram mais altos que o do sexo masculino, independentemente da idade, para as vogais [a] e [i], sendo: F2 [a] ([p]:223,0 Hz e [l]:213,3 Hz); F2 [i] ([p]:183,5 Hz e [l]:320,4 Hz). Já para a vogal [u], a diferença entre os sexos foi menos expressiva, ocorrendo para F2 [u] ([p]:70,5 Hz; [l]:61,8 Hz).

Já em F3, os valores do sexo feminino foram consistentemente mais altos que os do sexo masculino em todas as vogais. Para a vogal [a], a diferença média entre o sexo feminino e o sexo masculino, independentemente da idade, foram de: F3 [a] ([p]:138,3 Hz; [l]:154,3 Hz); para a vogal [i], a diferença das médias foi de F3 [i] ([p]:129,5 Hz; [l]:218,5 Hz); e, por fim, para a vogal [u], as diferenças médias foram de F3 [u] ([p]:254,8 Hz; [l]:328,4 Hz).

Sumarizando, as maiores diferenças entre o sexo feminino e o sexo masculino, ocorreram nos valores médios das vogais [i] e [u], mais especificamente, em F2 [i] ([l]:320,4 Hz) e F3 [u] ([l]:328,4 Hz), e as menores diferenças em F1[a] ([p]:55,6 Hz) e F1 [u] ([l]:56,2 Hz), independentemente da idade.

A seguir, são apresentados os resultados estatisticamente significativos para o efeito de interação entre idade e sexo, nos parâmetros acústicos (f_0 , F1, F2 e F3), das vogais orais ([a], [i] e [u]), precedidas das consoantes [p] e [l].

5.3 Efeito de interação idade e sexo

Conforme demonstrado previamente, Tabela 5, houve uma interação significativa entre idade e sexo em 18 das medidas acústicas analisadas.

Considerando f_0 , a interação ocorreu para todas as vogais, [a], [i] e [u], com nível de significância ($p < 0,001$), em ambos os contextos consonantais.

Considerando os formantes, em F1, a interação significativa ocorreu para a vogal [a], em ambas as consoantes, F1 [a] ([p], $p = 0,001$; [l], $p = 0,013$); para a vogal [i], precedida de [l], F1 [i] ([l], $p = 0,001$); e para a vogal [u], em ambas as consoantes, F1 [u] ([p], $p = 0,001$; [l], $p = 0,027$). Considerando F2, a interação foi estatisticamente significativa para a vogal [a], precedida de [p], F2 [a] ([p], $p = 0,010$); e para a vogal [i], para ambas as consoantes, F2 [i] ([p] e [l], $p < 0,001$). Ao considerar F3, a interação estatisticamente significativa entre idade e sexo ocorreu para a vogal [i], para ambas

as consoantes, F3 [i] ([p], $p=0,021$; [l], $p=0,004$); e para a vogal [u], igualmente para ambas as consoantes, F3 [u] ([p], $p<0,001$; [l], $p=0,008$). As exceções da interação ocorreram nos valores médios das medidas acústicas F1 [pi], F2 [la], F2 [pu] e [lu], e F3 [pa] e [la].

Diante dos resultados, foi realizado o teste *post-hoc* de Tukey. As análises levaram em consideração: (1) as comparações entre idade e sexo, apresentadas separadamente para cada sexo; e (2) as comparações entre os sexos, apresentadas separadamente para cada grupo etário. Os resultados do teste *post-hoc* de Tukey são apresentados a seguir, separadamente, para o sexo feminino e para o sexo masculino.

5.3.1 Interação idade e sexo feminino

Os valores das médias e desvios padrão para cada parâmetro acústico (f_0 , F1, F2 e F3), por vogal e faixa etária, bem como a indicação das diferenças significativas ($p<0,05$) entre os grupos etários, para o sexo feminino, são apresentados nas Tabelas 12a e 12b. Nessas Tabelas, considerou-se o valor de $p<0,05$ como efeito significativo para todos os resultados, a fim de facilitar as comparações das médias das frequências entre os sete grupos etários. Os valores exatos da significância (valor de p) do teste *post-hoc* de Tukey, referente às comparações entre os grupos etários, são apresentados nas Tabelas 13 a 19.

Tabela 12a – *Post-hoc* da interação entre idade e sexo feminino, em Hertz, para f_0 , F1, F2 e F3 das vogais [a], [i] e [u], precedidas por [p] e [l], com indicação das diferenças médias significativas entre sete grupos etários (G1–G7) de falantes do PB.

		G1 Crianças (5-7 anos)			G2 Adolescentes (13-15 anos)			G3 Adultas Jovens (19-29 anos)			G4 Adultas (30-39 anos)		
		$\bar{x}$	DP $\pm$	$p<0,05$	$\bar{x}$	DP $\pm$	$p<0,05$	$\bar{x}$	DP $\pm$	$p<0,05$	$\bar{x}$	DP $\pm$	$p<0,05$
Consoante [p]													
f_0	[a]	242,1	24,0	5,6,7	224,3	17,2	5,6,7	222,7	20,1	5,6,7	215,7	27,1	6
	[i]	254,2	21,7	2,3,4,5,6,7	225,7	13,8	1,5,6,7	221,7	20,7	1,5,6,7	206,9	24,7	1
	[u]	259,8	24,1	3,4,5,6,7	231,3	17,5	-	227,0	17,9	1	227,0	25,1	1
F1	[a]	742,5	71,4	-	682,3	73,2	-	707,2	58,8	-	743,1	100,2	6
	[i]	Não houve interação idade e sexo para esta medida acústica											
	[u]	494,1	43,0	2,3,4,5,6,7	440,5	29,2	1,6,7	443,8	37,6	1,6,7	428,6	34,1	1,7
F2	[a]	1812,8	153,5	2,3,4,5,6,7	1557,3	155,5	1	1556,0	146,5	1	1498,5	123,1	1
	[i]	2639,4	198,7	3,4,5,6,7	2483,3	137,0	5,6,7	2428,7	161,4	1,5,6,7	2407,8	131,6	1,5,6,7
	[u]	Não houve interação idade e sexo para esta medida acústica											
F3	[a]	Não houve interação idade e sexo para esta medida acústica											
	[i]	3478,3	245,4	2,3,4,5,6,7	3200,2	281,1	1,5,6,7	3087,6	129,8	1,6	3111,3	206,8	1,5,6,7
	[u]	3488,9	224,6	2,3,4,5,6,7	2963,6	234,0	1,6,7	2903,7	197,6	1	2969,6	201,8	1,6
Consoante [l]													
f_0	[a]	243,8	25,6	5,6,7	225,7	15,9	5,6,7	218,5	15,5	-	223,4	26,3	6,7
	[i]	245,5	27,3	6	230,5	26,8	-	228,9	18,9	-	229,4	26,0	-
	[u]	261,1	25,2	2,3,5,6,7	230,4	18,2	1	227,1	15,9	1	232,3	28,0	-
F1	[a]	919,7	104,5	2,5,6,7	728,8	69,9	1,3,4	864,5	100,0	2	874,9	64,8	2,6
	[i]	453,3	75,6	2,3,4,5,6,7	364,3	48,2	1	390,9	105,9	1,5,6	338,1	35,3	1
	[u]	495,7	57,1	2,3,4,5,6,7	426,7	29,6	1,6,7	432,4	36,5	1,6,7	414,9	46,0	1,6
F2	[a]	Não houve interação idade e sexo para esta medida acústica											
	[i]	2555,8	223,4	-	2713,5	117,2	6,7	2670,2	248,0	6,7	2699,6	102,6	6,7
	[u]	Não houve interação idade e sexo para esta medida acústica											
F3	[a]	Não houve interação idade e sexo para esta medida acústica											
	[i]	3600,1	199,5	5,6,7	3439,1	217,4	6,7	3519,8	231,0	5,6,7	3369,6	206,5	6,7
	[u]	3589,9	254,4	2,3,4,5,6,7	2988,8	200,2	1	2992,1	195,4	1	3006,1	192,0	1

Legenda: Teste *post-Hoc* de Tukey: fixado efeito significativo $p<0,05$; ($\bar{x}$): média; (DP $\pm$): desvio padrão; f_0 : frequência fundamental; F1: primeiro formante; F2: segundo formante; F3: terceiro formante; 1.crianças; 2.adolescentes; 3.adultas jovens; 4.adultas; 5.adultas de meia idade; 6.idosas; 7.idosas de idade avançada. Fonte: Elaborado pela autora. Dados da pesquisa 2025.

Tabela 12b – *Post-hoc* da interação entre idade e sexo feminino, em Hertz, para f_0 , F1, F2 e F3 das vogais [a], [i] e [u], precedidas por [p] e [l], com indicação das diferenças médias significativas entre sete grupos etários (G1–G7) de falantes do PB.

		G5 Adultas de meia-idade (50-59 anos)			G6 Idosas (60-69 anos)			G7 Idosas de idade avançada (70-93 anos)		
		$\bar{x}$	DP $\pm$	$p<0,05$	$\bar{x}$	DP $\pm$	$p<0,05$	$\bar{x}$	DP $\pm$	$p<0,05$
Consoante [p]										
f_0	[a]	195,2	23,5	1,2,3	185,2	25,7	1,2,3,4	188,1	28,7	1,2,3
	[i]	193,9	25,4	1,2,3	184,1	24,7	1,2,3	189,6	29,3	1,2,3
	[u]	209,3	21,9	1	204,0	26,6	1	206,7	26,2	1
F1	[a]	668,7	73,2	-	658,9	79,0	4	684,9	103,3	-
	[i]	Não houve interação idade e sexo para esta medida acústica								
	[u]	406,3	34,5	1	396,7	41,6	1,2,3	378,8	36,0	1,2,3,4
F2	[a]	1478,9	121,6	1	1480,2	129,3	1	1481,8	137,1	1
	[i]	2141,4	91,8	1,2,3,4	2205,2	150,4	1,2,3,4	2201,3	166,7	1,2,3,4
	[u]	Não houve interação idade e sexo para esta medida acústica								
F3	[a]	Não houve interação idade e sexo para esta medida acústica								
	[i]	2862,9	122,2	1,2,4	2841,2	223,9	1,2,3,4	2863,5	236,7	1,2,4
	[u]	2773,5	154,1	1	2735,1	213,1	1,2,4	2852,1	215,0	1
Consoante [l]										
f_0	[a]	198,1	19,8	1,2	193,5	28,5	1,2,4	192,6	24,5	1,2,4
	[i]	222,2	18,4	-	213,4	30,3	1	220,2	28,3	-
	[u]	211,4	17,6	1	217,8	29,0	1	214,2	32,0	1
F1	[a]	806,0	126,5	1	769,6	65,5	1,4	813,0	134,1	1
	[i]	334,5	40,8	1,3	315,7	30,5	1,3	342,5	44,8	1
	[u]	394,5	38,5	1	361,5	47,0	1,2,3,4	381,0	44,8	1,2,3
F2	[a]	Não houve interação idade e sexo para esta medida acústica								
	[i]	2643,7	168,1	7	2471,9	315,8	2,3,4	2439,5	135,7	2,3,4,5
	[u]	Não houve interação idade e sexo para esta medida acústica								
F3	[a]	Não houve interação idade e sexo para esta medida acústica								
	[i]	3215,0	223,0	1,3	3132,0	259,9	1,2,3,4	3130,4	226,8	1,2,3,4
	[u]	2841,1	128,5	1	2883,8	167,4	1	2829,5	203,4	1

Legenda: Teste *post-Hoc* deTukey: fixado efeito significativo $p<0,05$; Hz: Hertz; ($\bar{x}$): média; (DP $\pm$): desvio padrão; f_0 : frequência fundamental; F1: primeiro formante; F2: segundo formante; F3: terceiro formante; 1.crianças; 2.adolescentes; 3.adultas jovens; 4.adultas; 5.adultas de meia idade; 6.idosas; 7. idosas de idade avançada. Fonte: Elaborado pela autora. Dados da pesquisa, 2025.

5.3.1.1 Crianças (G1, 5 a 7 anos) e demais grupos etários (G2 a G7)

Os valores das médias, o desvio padrão e a indicação dos grupos etários que apresentaram diferenças significativas em comparação às crianças do sexo feminino, no teste *post-hoc* de Tukey ($p < 0,05$), para os parâmetros acústicos investigados no estudo, estão apresentados nas Tabelas 12a e 12b. Os valores exatos do p-valor do teste *post-hoc* de Tukey, das diferenças significativas entre as crianças e os demais grupos etários nas frequências (f_0 , F1, F2 e F3) das vogais [a], [i] e [u], precedidas pelas consoantes [p] e [l], estão apresentado na Tabela 13.

Tabela 13 – P-valor exato do teste *post-hoc* de Tukey para as frequências (f_0 , F1, F2 e F3) para as vogais [a], [i] e [u], precedidas das consoantes [p] e [l], para crianças (G1) em comparação com os demais grupos etários do sexo feminino.

G2	G3	G4	G5	G6	G7	G2	G3	G4	G5	G6	G7		
Consoante [p]						Consoante [l]							
Frequência f_0						Frequência f_0							
[a]	0,713	0,581	0,134	<0,001	<0,001	<0,001	[a]	0,657	0,129	0,489	<0,001	<0,001	<0,001
[i]	0,049	0,010	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	[i]	0,922	0,847	0,891	0,346	0,021	0,201
[u]	0,066	0,013	<0,018	<0,001	<0,001	<0,001	[u]	0,030	0,007	0,076	<0,001	<0,001	<0,001
Formante F1						Formante F1							
[a]	0,508	0,984	1,00	0,193	0,062	0,583	[a]	<0,001	0,892	0,982	0,022	<0,001	0,041
[i]	Não houve interação para esta medida acústica						[i]	<0,001	0,011	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
[u]	0,002	0,006	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	[u]	<0,001	0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Formante F2						Formante F2							
[a]	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	[a]	Não houve interação para esta medida acústica					
[i]	0,136	0,004	0,001	<0,001	<0,001	<0,001	[i]	0,319	0,822	0,521	0,976	0,982	0,805
[u]	Não houve interação para esta medida acústica						[u]	Não houve interação para esta medida acústica					
Formante F3						Formante F3							
[a]	Não houve interação para esta medida acústica						[a]	Não houve interação para esta medida acústica					
[i]	0,008	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	[i]	0,583	0,998	0,088	<0,001	<0,001	<0,001
[u]	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	[u]	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001

Legenda: *Post-hoc* de Tukey: *p*-valor ($< 0,05$); G1: 5-7 anos; G2: 13-15 anos; G3: 19-29 anos; G4: 30-39 anos; G5: 50-59 anos; G6: 60-69 anos; G7: 70-93 anos. Fonte: Elaborado pela autora. Dados da pesquisa, 2025.

Para a f_0 da vogal [a], as crianças apresentaram valores médios significativamente mais altos em comparação com adultas de meia-idade até idosas de idade avançada (G5-G7, 50-93 anos), independentemente da consoante. As diferenças significativas entre as médias das crianças, f_0 [a] ([p]:242,1 Hz; [l]: 243,8 Hz), e esses grupos etários foram: adultas de meia-idade f_0 [a] ([p]:46,9 Hz, $p < 0,001$; [l]:45,7 Hz, $p < 0,001$); idosas, f_0 [a] ([p]:56,9 Hz e [l]:50,3 Hz, $p < 0,001$); idosas de idade avançada f_0 [a] ([p]:54,0 Hz e [l]: 51,2 Hz, $p < 0,001$) (Tabelas 12a, 12b e 13).

Para a f_0 da vogal [i], observou-se que as crianças apresentaram valores médios significativamente mais altos do que todas as demais faixas etárias (G2-G7, 13-93 anos), quando a vogal foi precedida de [p]. Considerando especificamente o grupo de mulheres idosas (G6, 60-69 anos), essa diferença mostrou-se consistente para ambas as consoantes analisadas. As diferenças significativas entre as médias das crianças, f_0 [i] ([p]:254,2 Hz; [l]: 245,5 Hz), e esses grupos etários foram: adolescentes f_0 [i] ([p]:28,5 Hz, $p=0,049$); adultas jovens f_0 [i] ([p]:32,5 Hz, $p=0,010$); adultas f_0 [i] ([p]:47,3 Hz, $p<0,001$); adultas de meia-idade f_0 [i] ([p]:60,3 Hz, $p<0,001$); idosas f_0 [i] ([p]:70,1 Hz, $p<0,001$ e [l]: 32,1 Hz, $p=0,021$) e idosas de idade avançada f_0 [i] ([p]:64,6 Hz, $p<0,001$) (Tabelas 12a, 12b e 13).

Para a f_0 da vogal [u], as crianças apresentaram valores médios significativamente mais elevados em comparação com as adolescentes (G2,13-15 anos), quando essa vogal foi precedida por [l]. Crianças também apresentaram valores médios mais altos em comparação com os grupos de adultas jovens até idosas de idade avançada (G3-G7, 19-93 anos), para ambas as consoantes. Observou-se uma única exceção: não houve diferença significativa entre crianças e adultas (G4, 30-39 anos) para a vogal [u], quando foi precedida pela consoante [l]. As diferenças significativas entre as médias das crianças, f_0 [u] ([p]:227,0 Hz; [l]:227,1 Hz), e esses grupos etários foram: adolescentes (f_0 [l]:30,7 Hz, $p=0,030$); adultas jovens (f_0 [p]:32,8 Hz, $p=0,013$) e f_0 [l]:34,0, $p=0,007$); adultas (f_0 [p]:32,8 Hz, $p<0,018$); adultas de meia-idade (f_0 [p]:50,5 Hz, $p<0,001$) e f_0 [l]: 49,7 Hz, $p<0,001$); idosas (f_0 [p]:55,8 Hz e f_0 [l]:43,3 Hz, $p<0,001$); e idosas de idade avançada (f_0 [p]:53,1 Hz e f_0 [l]:46,9 Hz, $p<0,001$) (Tabelas 12a, 12b e 13).

Considerando F1, (Tabelas 12a, 12b e 13), as crianças apresentaram valores significativamente mais altos em comparação aos demais grupos etários, embora com variações entre os grupos, dependendo da vogal e da consoante, conforme detalhado a seguir. Vale ressaltar que não houve interação para F1 [i] precedida da consoante [p].

Para F1 [a], as crianças apresentaram valores significativamente mais altos em comparação com as adolescentes (G2,13-15 anos) e, também, em relação a adultas de meia-idade até idosas de idade avançada (G5-G7, 50-93 anos), somente quando precedida por [l]. As diferenças significativas entre as médias das crianças, F1 [a]

([l]:243,8 Hz), e esses grupos etários foram: adolescentes (F1 [l]:190,9 Hz, $p<0,001$); adultas de meia-idade (F1 [l]:113,7 Hz, $p=0,022$); idosas (F1 [l]:150,1 Hz, $p<0,001$) e idosas de idade avançada (F1 [l]:106,7 Hz, $p<0,041$) (Tabelas 12a, 12b e 13).

Para F1 [i], as crianças também apresentaram valores médios significativamente mais altos que todos os demais grupos etários (G2-G7, 13-93 anos), quando a vogal foi precedida de [l]. As diferenças significativas das médias entre as crianças, F1 [i] ([l]: 453,3 Hz), e esses grupos etários foram: adolescentes (F1 [i]: 89,0 Hz, $p<0,001$); adultas jovens (F1 [i]:62,4 Hz, $p=0,011$); adultas (F1 [i]:115,2 Hz, $p<0,001$); adultas de meia idade (F1 [i]:118,8 Hz, $p<0,001$); idosas (F1 [i]:137,6 Hz, $p<0,001$); e idosas de idade avançada (F1 [i]:110,8 Hz, $p<0,001$) (Tabelas 12a, 12b e 13).

Para F1 [u], de maneira similar, as crianças apresentaram valores médios significativamente mais altos que todos os demais grupos etários (G2-G7, 13-93 anos), de forma consistente, independentemente da consoante. Ocorreu uma única exceção: não houve diferença significativa entre crianças e adultas (G4, 30-39 anos) para F1 [u], quando a vogal foi precedida de [l]. As diferenças significativas entre as médias das crianças, F1 [u] ([p]:494,1 Hz; [l]:495,7 Hz), e os demais grupos etários foram: adolescentes (F1 [p]:53,6 Hz, $p=0,002$ e F1 [l]:69,0 Hz, $p<0,001$); adultas jovens (F1 [p]:50,3 Hz, $p=0,006$ e F1 [l]:63,3 Hz, $p=0,001$); adultas (F1 [p]:65,5 Hz, $p<0,001$ e F1 [l]:80,8 Hz, $p=0,001$); adultas de meia-idade (F1 [p]:87,8 Hz e F1 [l]:101,2 Hz, $p<0,001$); idosas (F1 [p]:97,4 Hz e F1 [l]:134,2 Hz, $p<0,001$); e idosas de idade avançada (F1 [p]:115,3 Hz e F1 [l]:114,7 Hz, $p<0,001$) (Tabelas 12a, 12b e 13).

Considerando F2, (Tabelas 12a, 12b e 13), as crianças apresentaram valores médios significativamente mais altos que os grupos etários subsequentes (G2-G7, 13-93 anos) para as vogais [a] e [i], quando precedidas de [p]. Para a vogal [u] não foram encontradas diferenças médias significativas. A seguir, detalham-se as diferenças para as vogais [a] e [i]. Vale ressaltar que não houve interação para F2 [a] precedida da consoante [l] e para F2[u] precedida de ambas as consoantes.

Para F2 da vogal [a], observou-se que as crianças apresentaram valores médios significativamente mais altos que todas as demais faixas etárias (G2-G7, 13-93 anos), quando precedida de [p]. As diferenças significativas entre as médias das

crianças, F2 [a] ([p]:1812,8 Hz), e os demais grupos etários foram: adolescentes (F2 [p]:255,5 Hz ($p<0,001$); adultas jovens (F2 [p]:256,8 Hz, $p<0,001$); adultas (F2 [p]:314,3 Hz, $p<0,001$); adultas de meia-idade (F2 [p]:333,9 Hz, $p<0,001$); idosas (F2 [p]:332,6 Hz, $p<0,001$); e idosas de idade avançada F2 ([p]:331,0 Hz, $p<0,001$) (Tabelas 12a, 12b e 13).

No F2 da vogal [i], as crianças também apresentaram valores médios significativamente mais altos em comparação com mulheres acima de 19 anos (G3-G7, 19-93 anos), quando a vogal foi precedida de [p]. As diferenças significativas entre as médias das crianças, F2 [i] ([p]:2639,4 Hz), e os demais grupos etários foram: adultas jovens (F2 [p]:210,7 Hz, $p=0,004$); adultas (F2 [p]:231,6 Hz, $p=0,001$); adultas de meia-idade (F2 [p]:498,0 Hz, $p<0,001$); idosas (F2 [p]:434,2 Hz, ($p<0,001$); e idosas de idade avançada (F2 [p]:438,1 Hz, $p<0,001$) (Tabelas 12a, 12b e 13).

Considerando F3, (Tabelas 12a, 12b e 13), observou-se que as crianças apresentaram valores significativamente mais altos em comparação com todos os demais grupos etários para vogal [i], quando precedida de [p], e, a partir dos 50 anos (G5-G7, 50-93 anos), para essa mesma vogal quando precedida de [l]. Além disso, para a vogal [u], observou-se valores significativamente mais altos das crianças em comparação com todos os grupos etários (G2-G7, 13-93 anos), independentemente da consoante precedente. A única exceção foi observada entre crianças e adultas (G4, 30-39 anos) para F3 [u] precedida de [l], na qual não houve diferença significativa. A seguir, são apresentadas as diferenças médias para as vogais [i] e [u]. Vale ressaltar que não houve interação para F3 [a] precedida de ambas as consoantes

Para F3 da vogal [i], as crianças apresentaram valores significativamente mais altos que os demais grupos etários (G2-G7, 13-93 anos), quando precedida de [p], e, também, valores médios significativamente mais altos que as mulheres adultas de meia-idade até idosas de idade avançada (G5-G7, 50-93 anos), quando precedida de [l]. As diferenças significativas entre as médias das crianças, F3 [i] ([p]:3478,3 Hz; [l]:3600,1 Hz), e esses grupos etários foram: adolescentes (F3 [p]:278,1 Hz, $p=0,008$); adultas jovens (F3 [p]:390,7 Hz, $p<0,001$); adultas (F3 [p]:367,0 Hz, $p<0,001$); adultas de meia-idade (F3 [p]:615,4 Hz e F3 [l]:385,1 Hz, $p<0,001$); idosas (F3 [p]:637,1 Hz e F3 [l]:468,1 Hz, $p<0,001$); e idosas de idade avançada (F3 [p]:614,8 Hz e F3 [l]:469,7 Hz, $p<0,001$) (Tabelas 12a, 12b e 13).

Em F3 da vogal [u], as crianças apresentaram valores significativamente mais altos em comparação com todos os demais grupos etários (G2-G7, 13-93 anos), independentemente da consoante. As diferenças entre as médias das crianças, F3 [u] ([p]:3488,9 Hz, [l]:3589,9 Hz), e esses grupos etários foram: adolescentes, F3 [u] ([p]: 525,3 Hz e [l]: 601,1 Hz, $p<0,001$); adultas jovens, F3 [u] ([p]:585,2 Hz e [l]:597,8, $p<0,001$); adultas, F3 [u] ([p]: 519,3 Hz e [l]:583,8, $p<0,001$); adultas de meia-idade, F3 [u] ([p]:715,4 Hz e [l]:748,8 Hz ($p<0,001$); idosas, F3 [u] ([p]:753,8Hz e [l]:706,1 Hz, $p<0,001$); e idosas de idade avançada, F3 [u] ([p]:636,8 Hz e [l]:760,4 Hz, $p<0,001$) (Tabelas 12a, 12b e 13).

Resumindo, crianças do sexo feminino, apresentaram valores médios significativamente mais altos em relação as demais faixas etárias (G2-G7, 13-93 anos), dependendo do parâmetro acústico, da vogal e da consoante. A maior diminuição dos valores médios ocorreu entre as crianças e as adolescentes. Considerando a f_0 , as diferenças médias mais altas das crianças ocorreram na comparação com as adultas de meia-idade a idosas de idade avançada (G5-G7, 50-93 anos) para a vogal [a], em ambas consoantes. Para a vogal [i], na comparação com todos os grupos etários (G2-G7, 13-93 anos) quando precedida de [p], e, também para idosas (G6, 60-69 anos) quando precedida de [l]. Para a vogal [u], a diferença significativa ocorreu de adultas jovens à idosas de idade avançada (G3-G7, 19-93 anos) quando precedida de [p], e para os demais grupos etários (G2-G7, 13 a 93 anos), exceto para as mulheres adultas (G4, 39-39 anos), quando precedido de [l]. Considerando os formantes, as diferenças médias mais altas das crianças ocorreram na comparação com todos os grupos etários (G2-G7, 13-93 anos) em F1[i], precedida de [l], F2 [a] e F3[i], precedidas de [p]; e também em F1[u] e F3 [u], para ambas as consoantes. Crianças também apresentaram valores médios significativos mais altos que adolescentes (G2, 13-15 anos) e adultas de meia-idade até idosas de idade avançada (G5-G7, 50-93 anos) para F1 [a], precedida de [l], e, também, que adultas jovens à idosas de idade avançada (G3-G7, 19-93 anos) para F2 [i], precedida de [p]. Vale ressaltar que não houve interação para as medidas acústicas F1 [pi], F2 [la], F2 [pu] e [lu], e F3 [pa] e [la] (Tabelas 12a, 12b e 13).

5.3.1.2 Adolescentes (G2, 13-15 anos) e demais grupos etários (G3 a G7)

Os valores das médias, o desvio padrão e a indicação dos grupos etários que apresentaram diferenças significativas em comparação às adolescentes, no teste *post-hoc* de Tukey ($p < 0,05$) são apresentados nas Tabelas 12a e 12b. Os valores exatos do p-valor do teste *post-hoc* de Tukey, das diferenças significativas entre as adolescentes e os demais grupos etários nas frequências (f_0 , F1, F2 e F3) das vogais [a], [i] e [u], precedidas pelas consoantes [p] e [l], estão apresentado na Tabela 14.

Tabela 14 – P-valor exato do teste *post-hoc* de Tukey das diferenças médias significativas para as frequências (f_0 , F1, F2 e F3) para as vogais [a], [i] e [u], precedidas das consoantes [p] e [l], entre adolescentes (G2) e os demais grupos etários do sexo feminino.

	G1	G3	G4	G5	G6	G7		G1	G3	G4	G5	G6	G7
Consoante [p]							Consoante [l]						
Frequência f_0							Frequência f_0						
[a]	0,713	1,000	0,999	0,027	<0,001	0,001	[a]	0,657	1,000	1,000	0,035	0,003	0,002
[i]	0,049	1,000	0,571	0,007	<0,001	0,001	[i]	0,922	1,000	1,000	0,999	0,745	0,995
[u]	0,066	1,000	1,000	0,318	0,057	0,146	[u]	0,030	1,000	1,000	0,573	0,961	0,789
Formante F1							Formante F1						
[a]	0,508	0,999	0,439	1,000	0,999	1,000	[a]	<0,001	<0,001	<0,001	0,356	0,984	0,203
[i]	Não houve interação para esta medida acústica						[i]	<0,001	0,914	0,935	0,833	0,999	0,982
[u]	0,002	1,000	1,000	0,213	<0,001	0,018	[u]	<0,001	1,000	1,000	0,508	<0,001	0,043
Formante F2							Formante F2						
[a]	<0,001	1,000	0,968	0,753	0,759	0,758	[a]	Não houve interação para esta medida acústica					
[i]	0,136	1,998	0,968	<0,001	<0,001	<0,001	[i]	0,319	1,000	1,000	0,995	0,002	<0,001
[u]	Não houve interação para esta medida acústica						[u]	Não houve interação para esta medida acústica					
Formante F3							Formante F3						
[a]	Não houve interação para esta medida acústica						[a]	Não houve interação para esta medida acústica					
[i]	0,008	0,932	0,992	<0,001	<0,001	<0,001	[i]	0,583	0,996	0,999	0,061	<0,001	<0,001
[u]	<0,001	1,000	1,000	0,172	0,027	0,906	[u]	<0,001	1,000	1,000	0,550	0,930	0,394

Legenda: *Post-hoc* de Tukey: *p*-valor ($< 0,05$); G1: 5-7 anos; G2: 13-15 anos; G3: 19-29 anos; G4: 30-39 anos; G5: 50-59 anos; G6: 60-69 anos; G7: 70-93 anos. Fonte: Elaborado pela autora. Dados da pesquisa, 2025.

Considerando a f_0 , (Tabelas 12a, 12a e 14), as adolescentes apresentam valores médios significativamente mais altos que as mulheres adultas de meia-idade até idosas de idade avançada (G5-G7, 50-93 anos) para a vogal [a], para ambas as consoantes, demonstrando um padrão consistente. Para a vogal [a], a diferença significativa entre as médias das adolescentes, f_0 [a] ([p]:224,3 Hz; [l]:225,7 Hz), e esses grupos etários foram: adultas de meia idade, f_0 [a] ([p]:29,1 Hz, $p=0,027$) e f_0 [a] ([l]:29,6 Hz, $p=0,035$); idosas, f_0 [a] ([p]:39,1 Hz, $p<0,001$) e f_0 [a] ([l]:31,2 Hz, $p=0,003$); e idosas de idade avançada, f_0 [a] ([p]:36,2 Hz, $p=0,001$) e f_0 [a] ([l]: 32,1 Hz, $p=0,002$). Adolescentes também apresentaram valores significativamente mais altos que as

mulheres adultas de meia-idade até idosas de idade avançada (G5-G7, 50-93 anos) para a vogal [i], quando precedida de [p]. Para a vogal [i], a diferença significativa entre as médias das adolescentes, f_0 [i] ([p]:225,7 Hz), e esses grupos etários foram: adultas de meia-idade, f_0 [i] ([p]:31,8 Hz, $p=0,007$); idosas, f_0 [i] ([p]:41,6 Hz, $p<0,001$); e idosas de idade avançada, f_0 [i] ([p]:36,1 Hz, $p=0,001$).

Considerando F1, (Tabelas 12a, 12a e 14), as adolescentes apresentaram valores médios significativamente mais altos que mulheres idosas (G6) e as idosas de idade avançada (G7, 70-93 anos), para a vogal [u], de forma consistente, independentemente da consoante precedente. Para F1 [u], as diferenças significativas entre as médias das adolescentes, F1 [u] ([p]:440,5 Hz e [l]: 446,7 Hz), e esses grupos foram: idosas, F1 [u] ([p]:43,8 Hz e [l]:65,2 Hz, $p<0,001$); e idosas de idade avançada, F1[u] ([p]:61,7 Hz, $p<0,01$ e [l]:245,7 Hz, $p=0,043$). Adolescentes também apresentaram valores médios significativamente mais baixos que mulheres adultas jovens e adultas (G3-G4, 19-39 anos) para a vogal [a], quando precedida de [l]. As diferenças entre as médias das adolescentes, F1 [a] ([l]:728,8 Hz), e esses grupos etários foram: adultas jovens, F1 [a] ([l]: -135,7 Hz, $p<0,001$); e adultas, F1 [a] ([l] - 106,1 Hz, $p<0,001$). Em relação a vogal [i], não ocorreu diferença significativa em relação aos grupos etários subsequentes. Vale ressaltar que não houve interação para F1 [i] precedida da consoante [p].

Considerando F2, (Tabelas 12a, 12a e 14), as adolescentes apresentaram valores médios significativamente mais altos que mulheres adultas de meia-idade (G5, 50-59 anos), para vogal [i], quando precedida de [p], e, também, valores médios significativamente mais altos que idosas e idosas de idade avançada (G6-G7, 60-93 anos), de forma consistente, para ambas as consoantes. As diferenças significativas entre as médias das adolescentes, F2 [i] ([p]:2483,3 Hz; [l]:2713,5 Hz), e esses grupos etários foram: adultas de meia-idade, F2 [i] ([p]:341,9 Hz, $p<0,001$); idosas, F2 [i] ([p]:278,1 Hz, $p<0,001$ e [l]:241,6 Hz, $p=0,002$); e idosas de idade avançada, F2 [i] ([p]:282,0 Hz e [l]:274,0 Hz, $p<0,001$). Vale ressaltar que não houve interação para F2 [a] precedida da consoante [l] e para F2[u] precedida de ambas as consoantes.

Considerando F3, (Tabelas 12a, 12a e 14), as adolescentes apresentaram valores significativamente mais altos que adultas de meia-idade (G5, 50-59 anos), para a vogal [i], quando precedida de [p], e, também, significativamente mais altos que

idosas e idosas de idade avançada (G6-G7, 60-93 anos), para essa mesma vogal, de forma consistente, para ambas as consoantes. As diferenças significativas das médias entre as adolescentes, F3 [i] ([p]:3200,2 Hz; [l]:3439,1 Hz), e esses grupos foram: adultas de meia-idade, F3 [i] ([p]:337,3 Hz, $p<0,001$); idosas, F3 [i] ([p]:359,0 Hz e [l]:307,1 Hz, $p<0,001$) e idosas de idade avançada F3 [i] ([p]:336,7 Hz; F3 [l]: 308,7 Hz, $p<0,001$). Adolescentes também apresentaram valores médios significativamente mais altos que idosas (G6, 60-69 anos), para a vogal [u], quando precedida de [p]. Para a vogal [u] as diferenças significativas das médias entre as adolescentes, F3 [u] ([p]:2963,6 Hz e [l]:2988,8 Hz) e as idosas foi de: F3 [u] ([p]:228,5 Hz, $p=0,027$). Vale ressaltar que não houve interação para F3 [a] precedida de ambas as consoantes.

Resumindo, adolescentes do sexo feminino, considerando f_0 , apresentaram valores médios significativamente mais altos que mulheres a partir dos 50 anos, adultas de meia-idade, idosas e idosas de idade avançada (G5-G7, 50-93 anos) para a vogal [a], de forma consistente, para ambas consoantes, e, também, apresentaram valores médios significativamente mais altos a partir dos 50 (G5-G7, 50-93 anos) para a vogal [i], quando precedida de [p]. Considerando os formantes, adolescentes apresentaram médias significativamente mais altos que mulheres adultas de meia-idade (G5, 50-59 anos) para F2-F3 [i], quando precedida de [p]. Também apresentaram valores médios significativamente mais altos que adultas e adultas de idade avançada (G6-G7, 60-93 anos) para F1 [u], F2-F3 [i], de forma consistente, para ambas as consoantes, e, ainda, valores significativamente mais altos que adultas (G6, 60-69 anos) para a vogal [u], quando precedida de [p]. A exceção ocorreu entre as adolescentes e as adultas jovens e adultas (G3-G4, 19-39 anos), em que as adolescentes apresentaram valores significativamente mais baixos para F1 [a], quando a vogal foi precedida de [l]. Vale ressaltar que não houve interação para as medidas acústicas F1 [pi], F2 [la], F2 [pu] e [lu], e F3 [pa] e [la] (Tabelas 12a, 12b e 14).

5.3.1.3 Adultas jovens (G3, 19-29 anos) e demais grupos etários (G4 a G7)

Os valores das médias, o desvio padrão e a indicação dos grupos etários que apresentaram diferenças significativas em comparação às adultas jovens, no teste *post-hoc* de Tukey ($p<0,05$), para os parâmetros acústicos investigados no estudo, estão apresentados nas Tabelas 12a e 12b. Os valores exatos do p -valor do teste

post-hoc de Tukey, das diferenças significativas entre as adultas jovens e os demais grupos etários nas frequências (f_0 , F1, F2 e F3) das vogais [a], [i] e [u], precedidas pelas consoantes [p] e [l], estão apresentado na Tabela 15.

Tabela 15 – P-valor exato do teste *post-hoc* de Tukey das diferenças médias significativas para as frequências (f_0 , F1, F2 e F3), para as vogais [a], [i] e [u], precedidas das consoantes [p] e [l], entre adultas jovens (G3) e os demais grupos etários do sexo feminino.

	G1	G2	G4	G5	G6	G7		G1	G2	G4	G5	G6	G7
Consoante [p]							Consoante [l]						
Frequência f_0							Frequência f_0						
[a]	0,581	1,000	1,000	0,050	<0,001	0,002	[a]	0,129	1,000	1,000	0,363	0,085	0,061
[i]	0,010	1,000	0,878	0,041	<0,001	0,005	[i]	0,847	1,000	1,000	1,000	0,855	0,799
[u]	0,013	1,000	1,000	0,689	0,231	0,439	[u]	0,007	1,000	1,000	0,842	0,998	0,957
Formante F1							Formante F1						
[a]	0,984	0,999	0,976	0,952	0,765	1,000	[a]	0,892	<0,001	1,000	0,796	0,078	0,901
[i]	Não houve interação para esta medida acústica						[i]	0,011	0,914	0,058	0,024	<0,001	0,103
[u]	0,006	1,000	0,994	0,108	0,007	<0,001	[u]	0,001	1,000	0,993	0,234	<0,001	0,010
Formante F2							Formante F3						
[a]	<0,001	1,000	0,974	0,773	0,779	0,804	[a]	Não houve interação para esta medida acústica					
[i]	0,004	0,998	1,000	<0,001	<0,001	<0,001	[i]	0,822	1,000	1,000	1,000	0,031	0,004
[u]	Não houve interação para esta medida acústica						[u]	Não houve interação para esta medida acústica					
Formante F1							Formante F1						
[a]	Não houve interação para esta medida acústica						[a]	Não houve interação para esta medida acústica					
[i]	<0,001	0,932	1,000	0,066	0,021	0,060	[i]	0,998	0,996	0,648	0,001	<0,001	<0,001
[u]	<0,001	1,000	0,999	0,771	0,330	1,000	[u]	<0,001	1,000	1,000	0,511	0,912	0,358

Legenda: *Post-hoc* de Tukey: *p*-valor ($<0,05$); G1: 5-7 anos; G2: 13-5 anos; G3: 19-29 anos; G4: 30-39 anos; G5: 50-59 anos; G6: 60-69 anos; G7: 70-93 anos. Fonte: Elaborado pela autora. Dados da pesquisa, 2025.

Considerando a f_0 , (Tabelas 12a, 12b e 15), às adultas jovens (G3) apresentaram valores significativamente mais altos que adultas de meia-idade até idosas de idade avançada (G5-G7, 50-93 anos), para a vogal [a] e [i], ambas quando precedido de [p]. Para a vogal [a], as diferenças significativas entre as médias das adultas jovens, f_0 [a] ([p]:222,7 Hz), e esses grupos foram: adultas de meia-idade, f_0 [a] ([p]:27,7 Hz, $p=0,050$); idosas, f_0 [a] ([p]:37,5 Hz, $p<0,001$); e idosas de idade avançada, f_0 [a] ([p]:34,6 Hz, $p=0,002$). De forma semelhante, na análise da vogal [i], as diferenças médias significativas entre as médias adultas jovens, f_0 [i] ([p]:221,7 Hz), e esses grupos foram: adultas de meia-idade, f_0 [i] ([p]:27,8 Hz, $p=0,041$); idosas, f_0 [i] ([p]:37,6 Hz, $p<0,001$); e idosas de idade avançada, f_0 [i] ([p]:32,1 Hz, $p=0,005$).

Considerando a F1, (Tabelas 12a, 12b e 15), adultas jovens (G3) apresentaram valores médios significativamente mais altos que adultas de meia-idade e as idosas (G5-G6, 50-69 anos), para a vogal [i], quando precedida de [l]. As diferenças

significativas entre as médias das adultas jovens, F1 [i] ([l]:390,9 Hz), e esses grupos foram: adultas de meia-idade, F1 [i] ([l]:56,4 Hz, $p=0,024$); e idosas, F1 [i] ([l]:75,2 Hz, $p<0,001$). Adultas jovens também apresentaram valores médios significativamente mais altos que idosas e idosas de idade avançada (G6-G7, 60-93 anos), para a vogal [u], de forma consistente, para ambas as consoantes. As diferenças significativas, F1 [u] ([p]:443,8 Hz e [l]:432,4 Hz), médias significativas entre as adultas jovens e esses grupos foram: idosas, F1 [u] ([p]:47,1 Hz, $p=0,007$; [l]:70,9 Hz, $p<0,001$); e entre idosas de idade avançada, F1 [u] ([p]:65,0 Hz; [l]:51,4 Hz, $p<0,001$). Vale ressaltar que não houve interação para F1 [i] precedida da consoante [p].

Considerando F2, (Tabelas 12a, 12b e 15), as adultas jovens apresentaram valores significativamente mais altos que mulheres adultas de meia-idade (G5, 50-59 anos), para a vogal [i], quando precedida de [p]. Também apresentaram valores médios significativamente mais altos que idosas e idosas de idade avançada (G6-G7, 60-93 anos), de forma consistente, para vogal [i], para ambas as consoantes. As diferenças significativas entre as médias das adultas jovens, F2 [i] ([p]:2428,7 Hz; [l]:2670,2 Hz), e esses grupos etários foram: adultas de meia-idade, F2 [i] ([p]:287,3 Hz, $p<0,001$); idosas, F2 [i] ([p]:223,5 Hz, $p=0,005$; [l]:198,3 Hz, $p=0,007$); e idosas de idade avançada, F2 [i] ([p]:227,4 Hz, $p=0,003$; [l]:48,4 Hz, $p=0,001$). Vale ressaltar que não houve interação para F2 [a] precedida da consoante [l] e para F2[u] precedida de ambas as consoantes.

Considerando F3, (Tabelas 12a, 14b e 15), as adultas jovens apresentaram valores significativamente mais altos que adultas de meia-idade (G5, 50-59 anos) e idosas de idade avançada (70-93 anos), para a vogal [i], quando precedida de [l], e, também, que mulheres idosas (G6, 60-69 anos), de forma consistente, para ambas as consoantes. As diferenças significativas entre as médias das adultas jovens, F3 [i] ([p]:3087,6 Hz; [l]:3519,8 Hz), e esses grupos etários foram: adultas de meia-idade, F3 [i] ([p]:224,7 Hz, $p=0,030$); idosas, F3 [i] ([p]:246,4 Hz, $p=0,008$; [l]:387,8 Hz, $p=0,038$); e idosas de idade avançada, F3 [i] ([l] 389,4 Hz, $p=0,035$). Vale ressaltar que não houve interação para F3 [a] precedida de ambas as consoantes

Resumindo, mulheres adultas jovens, considerando f_0 , apresentaram médias significativamente mais altas que adultas de meia-idade até idosas de idade avançada (G5-G7, 50-93 anos), para as vogais [a] e [i], ambas precedidas de [p]. Não se

observaram diferenças significativas entre adultas jovens e adultas (G4, 39-39 anos) para vogal f_0 das vogais [a], [i], [u], indicando estabilidade entre estas faixas etárias (G3-G4, 19-39 anos). Além disso, adultas jovens também não se diferenciaram de mulheres com 50 anos ou mais (G5-G7) para f_0 da vogal [u], indicando estabilidade para essa vogal entre 30 e 93 anos, faixa etária que abrange a estabilidade previamente reportada entre mulheres adultas (G3-G4). Considerando os formantes, adultas jovens apresentaram médias significativamente mais altas do que mulheres adultas a partir dos 50 anos (G5–G7, 50–93 anos) para as vogais [i] e [u]. Para a vogal [i], os valores médios significativamente mais altos das adultas jovens ocorreram na comparação com adultas de meia-idade (G5, 50-59 anos) para F1 [i] precedida de [l], F2 [i] precedida de [p] e F3 [i] precedida de [l], e, também, na comparação com idosas e idosas de idade avançada (G6-G7, 60-93 anos) para F3 [i], independentemente da consoante. Para a vogal [u], adultas jovens apresentaram valores médios significativamente mais altos que idosas e idosas de idade avançada (G6–G7, 60–93 anos), independentemente da consoante. Vale ressaltar que não houve interação para as medidas acústicas F1 [pi], F2 [la], F2 [pu] e [lu], e F3 [pa] e [la] (Tabelas 12a, 12b e 15).

5.3.1.4 Adultas (G4, 30-39 anos) e demais grupos etários (G5 a G7)

Os valores das médias, o desvio padrão e a indicação dos grupos etários que apresentaram diferenças significativas em comparação às adultas, no teste *post-hoc* de Tukey ($p < 0,05$), para os parâmetros acústicos, estão apresentados nas Tabelas 12a e 12b. Os valores exatos do p-valor, das diferenças significativas entre as adultas e os demais grupos etários, estão apresentado na Tabela 16.

Considerando a f_0 , (Tabelas 12a, 12b e 16), as adultas (G4) apresentaram valores médios significativamente mais altos que idosas (G6, 60-69 anos) para a vogal [a], de forma consistente, para ambas as consoantes, e, também, valores médios mais altos que idosas de idade avançada (G7, 70-03 anos), para essa mesma vogal, quando precedida de [l]. As diferenças médias significativas observadas entre as adultas, f_0 [a] ([p]:215,7 Hz; [l]:223,4 Hz), e esses grupos etários foram: idosas, f_0 [a] ([p]:30,6 Hz, $p=0,017$ e [l]:29,6 Hz, $p=0,016$), e idosas de idade avançada, f_0 [a] ([l]:30,8 Hz, $p=0,010$).

Tabela 16 – P-valor exato do teste *post-hoc* de Tukey das diferenças médias significativas para as frequências (f_0 , F1, F2 e F3), para as vogais [a], [i] e [u], precedidas das consoantes [p] e [l], entre adultas (G4) e os demais grupos etários do sexo feminino.

	G1	G2	G3	G5	G6	G7		G1	G2	G3	G5	G6	G7
Consoante [p]							Consoante [l]						
Frequência f_0							Frequência f_0						
[a]	0,134	0,999	1,000	0,451	0,017	0,054	[a]	0,489	1,000	1,000	0,107	0,016	0,010
[i]	<0,001	0,571	0,878	0,957	0,245	0,707	[i]	0,891	1,000	1,000	1,000	0,851	0,999
[u]	0,018	1,000	1,000	0,719	0,294	0,477	[u]	0,076	1,000	1,000	0,450	0,909	0,673
Formante F1							Formante F1						
[a]	1,000	0,439	0,976	0,148	0,042	0,514	[a]	0,982	<0,001	1,000	0,596	0,034	0,724
[i]	Não houve interação para esta medida acústica						[i]	<0,001	0,935	0,058	1,000	0,982	1,000
[u]	<0,001	1,000	0,994	0,879	0,344	0,004	[u]	<0,001	1,000	0,993	0,974	0,008	0,434
Formante F2							Formante F3						
[a]	<0,001	0,968	0,974	1,000	1,000	1,000	[a]	Não houve interação para esta medida acústica					
[i]	0,001	0,968	1,000	<0,001	0,005	0,003	[i]	0,521	1,000	1,000	1,000	0,007	0,001
[u]	Não houve interação para esta medida acústica						[u]	Não houve interação para esta medida acústica					
Formante F1							Formante F1						
[a]	Não houve interação para esta medida acústica						[a]	Não houve interação para esta medida acústica					
[i]	<0,001	0,992	1,000	0,030	0,008	0,026	[i]	0,888	0,999	0,648	0,619	0,038	0,035
[u]	<0,001	1,000	0,999	0,165	0,027	0,887	[u]	<0,001	1,000	1,000	0,399	0,835	0,266

Legenda: *Post-hoc* de Tukey: *p*-valor ($<0,05$); G1: 5-7 anos; G2: 13-5 anos; G3: 19-29 anos; G4: 30-39 anos; G5: 50-59 anos; G6: 60-69 anos; G7: 70-93 anos. Fonte: Elaborado pela autora. Dados da pesquisa, 2025.

Considerando F1, (Tabelas 12a, 12b e 16), as adultas apresentaram valores significativamente mais altos que idosas (G6, 60-69 anos), para a vogal [a], de forma consistente, para ambas as consoantes. Para a vogal [a], as diferenças significativas entre as médias das adultas, F1 [a] ([p]:743,1 Hz; [l]:874,9 Hz), e às idosas foram de F1 [a] ([p]:84,2 Hz, $p=0,042$; [l]:65,3 Hz, $p=0,034$). Adultas também apresentaram valores significativamente mais altos que idosas (G6, 60-69 anos), para vogal [u], quando precedida de [l], e que idosas de idade avançada (G7, 70-93 anos), para essa mesma vogal, quando precedida de [p]. Para a vogal [u], as diferenças significativas entre as médias das adultas, F1 [u] ([p]:428,6 Hz; [l]:414,9 Hz), e às idosas foram de F1 [u] ([l]:53,4 Hz, $p=0,008$); e em relação às idosas de idade avançada, F1 [u] ([p]:49,8 Hz, $p=0,004$). Vale ressaltar que não houve interação para F1 [i] precedida da consoante [p].

Considerando F2, (Tabelas 12a, 12b e 16), as adultas apresentaram médias significativamente mais altas que adultas de meia-idade (G5, 50-59 anos) para vogal [i], quando precedida por [p], e , também, valores significativamente mais altos que idosas e idosas de idade avançada (G6-G7, 60-93 anos), para essa mesma vogal,

para ambas as consoantes. As diferenças significativas entre as médias das adultas, F2 [i] ([p]:2407,8 Hz; [l]:2699,6 Hz), e esses grupos foram: adultas de meia-idade, F2 [i] ([p]:266,4 Hz, $p<0,001$); idosas, F2 [i] ([p]:202,6 Hz, $p=0,005$; [l]:227,7 Hz, $p=0,007$); e idosas de idade avançada, F2 [i] ([p]:206,5 Hz, $p=0,003$ e [l]:206,1 Hz, $p=0,001$). Vale ressaltar que não houve interação para F2 [a] precedida da consoante [l] e para F2[u] precedida de ambas as consoantes.

Considerando F3, (Tabelas 12a, 12b e 16), as adultas apresentaram valores médios significativamente mais altos que adultas de meia-idade (G5, 50-59 anos), para vogal [i], quando precedida de [p], e, também, que idosas e idosas de idade avançada (G6-G7, 60-69 anos), para essa mesma vogal, de forma consistente, para ambas as consoantes. As diferenças significativas entre as médias das adultas, F3 [i] ([p]:3111,3 Hz; [l]:3369,6 Hz), e esses grupos etários foram: adultas de meia-idade, F3 [i] ([p]:248,4 Hz, $p=0,030$); idosas, F3 [i] ([p]:270,1 Hz, $p=0,008$; [l]:237,6 Hz, $p=0,038$), e idosas de idade avançada, F3 [i] ([p]:247,8 Hz, $p=0,026$; [l]:239,2 Hz, $p=0,035$). Mulheres adultas também apresentaram valores médios significativamente mais altos que idosas (G6, 60-69 anos), para a vogal [u], quando precedida de [p], sendo a diferença significativa entre a média das mulheres adultas, F3 [u] ([p]:2969,6 Hz), e as idosas foi de F3 [u] ([p]:116,4 Hz, $p=0,027$). Vale ressaltar que não houve interação para F3 [a] precedida de ambas as consoantes

Resumindo, mulheres adultas, considerando f_0 , apresentaram médias significativamente mais altas que mulheres idosas apenas para a vogal [a], de forma consistente, para ambas as consoantes, e também, que mulheres idosas de idade avançada (G7, 70-93 anos), para essa mesma vogal, quando precedida de [l]. Considerando os formantes, adultas apresentaram médias significativamente mais altas que adultas de meia-idade (G5, 50-59 anos) para F2-F3 da vogal [i], quando precedida de [p]. Também apresentaram valores significativamente mais altos que idosas (G6, 60-69 anos) para F1 [a], em ambas as consoantes; F1 [u], quando precedida de [l]; F2-F3 [i], em ambas as consoantes; e F3 [u], precedida de [p]. Adultas ainda apresentaram valores médios significativamente mais altos que idosas de idade avançada (G7, 70-93 anos) para F1 [u], quando precedida de [p]; e F2-F3 [i], para ambas as consoantes. Vale ressaltar que não houve interação para as medidas acústicas F1 [pi], F2 [la], F2 [pu] e [lu], e F3 [pa] e [la] (Tabelas 12a, 12b e 16).

5.3.1.5 Adultas de meia-idade (G5, 50-59 anos) e os grupos etários (G6 e G7)

Os valores das médias, o desvio padrão e a indicação dos grupos etários que apresentaram diferenças significativas em comparação às adultas de meia-idade no teste *post-hoc* de Tukey ($p < 0,05$), para os parâmetros acústicos estão apresentados nas Tabelas 12a e 12b. Os valores exatos do *p*-valor do teste *post-hoc* de Tukey, das diferenças significativas entre as adultas de meia-idade e os demais grupos etários nas frequências (f_0 , F1, F2 e F3), das vogais [a], [i] e [u], precedidas pelas consoantes [p] e [l], estão apresentado na Tabela 17.

Tabela 17 – P-valor exato do teste *post-hoc* de Tukey das diferenças médias significativas para as frequências (f_0 , F1, F2 e F3), para as vogais [a], [i] e [u], precedidas das consoantes [p] e [l], entre mulheres de meia idade (G5) e os demais grupos etários do sexo feminino.

	G1	G2	G3	G4	G6	G7		G1	G2	G3	G4	G6	G7
	Consoante [p]							Consoante [l]					
Frequência f_0							Frequência f_0						
[a]	<0,001	0,027	0,050	0,451	0,995	1,000	[a]	<0,001	0,035	0,363	0,107	1,000	1,000
[i]	<0,001	0,007	0,041	0,957	0,996	1,000	[i]	0,346	0,999	1,000	1,000	0,999	1,000
[u]	<0,001	0,318	0,689	0,719	1,000	1,000	[u]	<0,001	0,573	0,842	0,450	1,000	1,000
Formante F1							Formante F1						
[a]	0,193	1,000	0,952	0,148	1,000	1,000	[a]	0,022	0,356	0,179	0,596	0,995	1,000
[i]	Não houve interação para esta medida acústica						[i]	<0,001	0,833	0,024	1,000	0,996	1,000
[u]	<0,001	0,213	0,108	0,879	1,000	0,584	[u]	<0,001	0,508	0,234	0,974	0,460	0,999
Formante F2							Formante F2						
[a]	<0,001	0,753	0,773	1,000	1,000	1,000	[a]	Não houve interação para esta medida acústica					
[i]	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,992	0,996	[i]	0,976	0,995	1,000	1,000	0,141	0,026
[u]	Não houve interação para esta medida acústica						[u]	Não houve interação para esta medida acústica					
Formante F3							Formante F3						
[a]	Não houve interação para esta medida acústica						[a]	Não houve interação para esta medida acústica					
[i]	<0,001	<0,001	0,066	0,030	1,000	1,000	[i]	<0,001	0,061	0,001	0,619	0,995	0,994
[u]	<0,001	0,172	0,771	0,165	1,000	0,996	[u]	<0,001	0,550	0,511	0,399	1,000	1,000

Legenda: *Post-hoc* de Tukey: *p*-valor ($< 0,05$); G1: 5-7 anos; G2: 13-5 anos; G3: 19-29 anos; G4: 30-39 anos; G5: 50-59 anos; G6: 60-69 anos; G7: 70-93 anos. Fonte: Elaborado pela autora. Dados da pesquisa, 2025.

Considerando f_0 , (Tabelas 12a, 12b e 17), as adultas de meia-idade (G5) não apresentaram diferenças médias significativas em comparação com faixas etárias subsequentes (G6-G7, 60-93 anos), sugerindo que a partir desta idade ocorre uma estabilização da f_0 .

Considerando os formantes, (Tabelas 12a, 12b e 17), adultas de meia-idade apresentaram valores médios significativamente mais altos em comparação com as

mulheres idosas de idade avançada (G7, 70-93 anos), somente para a vogal [i], quando precedida de [l]. A diferença significativa entre a média das adultas de meia-idade, F2 [i] ([l]: 2643,7 Hz) e a idosa de idade avançada foi: F2 [i] ([l]:204,2Hz, $p=0,026$).

Resumindo, adultas de meia-idade, considerando f_0 , não se diferenciaram significativamente dos grupos subsequentes (G6-G7, 60-93 anos), indicando estabilidade nesse parâmetro. Considerando os formantes, mulheres de meia-idade não apresentam diferenças significativas na comparação com idosas (G6, 60-69 anos), indicando estabilidade entre estas faixas etárias (50-69 anos). Adultas de meia-idade apresentam valores significativamente mais altos que idosas de idade avançada, apenas para F2 da vogal [i], quando precedida de [l]. Vale ressaltar que não houve interação para as medidas acústicas F1 [pi], F2 [la], F2 [pu] e [lu], e F3 [pa] e [la] (Tabelas 12a e 12b e 17).

5.3.1.6 Idosas (G6, 60-69 anos) e demais grupos etários (G7)

Os valores das médias, o desvio padrão e a indicação dos grupos etários que apresentaram diferenças significativas em comparação às idosas no teste *post-hoc* de Tukey ($p<0,05$), para os parâmetros acústicos investigados no estudo, estão apresentados nas Tabelas 12a e 12b. Os valores exatos do *p*-valor do teste *post-hoc* de Tukey, das diferenças significativas entre as idosas e os demais grupos etários nas frequências (f_0 , F1, F2 e F3) das vogais [a], [i] e [u], precedidas pelas consoantes [p] e [l], estão apresentado na Tabela 18.

Considerando f_0 , (Tabelas 12a, 12b e 18), as idosas (G6, 60 a 69 anos) não apresentaram diferenças médias significativas em comparação com o grupo etário mais velhos (G6-G7). Considerando os formantes, as mulheres idosas também não apresentaram valores médios significativamente mais altos em comparação as idosas de idade avançada (G7, 70-93 anos), mantendo-se a estabilidade previamente observada. Vale ressaltar que não houve interação para as medidas acústicas F1 [pi], F2 [la], F2 [pu] e [lu], e F3 [pa] e [la].

Tabela 18 – P-valor exato do teste *post-hoc* de Tukey das diferenças médias significativas para as frequências (f_0 , F1, F2 e F3), para as vogais [a], [i] e [u], precedidas das consoantes [p] e [l], entre as idosas (G6) e os demais grupos etários do sexo feminino.

G1	G2	G3	G4	G5	G7		G1	G2	G3	G4	G5	G7	
Consoante [p]							Consoante [l]						
Frequência f_0							Frequência f_0						
[a]	<0,001	<0,001	<0,001	0,017	0,995	1,000	[a]	<0,001	0,003	0,085	0,016	1,000	1,000
[i]	<0,001	<0,001	<0,001	0,247	0,996	1,000	[i]	0,021	0,745	0,855	0,851	0,999	1,000
[u]	<0,001	0,057	0,231	0,264	1,000	1,000	[u]	<0,001	0,961	0,998	0,909	1,000	1,000
Formante F1							Formante F1						
[a]	0,062	0,999	0,765	0,042	1,000	0,999	[a]	<0,001	0,984	0,078	0,034	0,995	0,974
[i]	Não houve interação para esta medida acústica						[i]	<0,001	0,833	0,024	1,000	0,996	<0,001
[u]	<0,001	0,018	0,007	0,344	1,000	0,970	[u]	<0,001	<0,001	<0,001	0,008	0,460	0,976
Formante F2							Formante F2						
[a]	<0,001	0,759	0,779	1,000	1,000	1,000	[a]	Não houve interação para esta medida acústica					
[i]	<0,001	<0,001	<0,001	0,005	0,992	1,000	[i]	0,982	0,002	0,031	0,007	0,141	1,000
[u]	Não houve interação para esta medida acústica						[u]	Não houve interação para esta medida acústica					
Formante F3							Formante F3						
[a]	Não houve interação para esta medida acústica						[a]	Não houve interação para esta medida acústica					
[i]	<0,001	<0,001	0,021	0,008	1,000	1,000	[i]	<0,001	<0,001	<0,001	0,038	0,995	1,000
[u]	<0,001	0,027	0,330	0,027	1,000	0,870	[u]	<0,001	0,930	0,912	0,835	1,000	1,000

Legenda: *Post-hoc* de Tukey: *p*-valor (<0,05); G1: 5-7 anos; G2: 13-5 anos; G3: 19-29 anos; G4: 30-39 anos; G5: 50-59 anos; G6: 60-69 anos; G7: 70-93 anos. Fonte: Elaborado pela autora. Dados da pesquisa, 2025.

5.3.1.7 Idosas de idade avançada (G7, 70-93 anos)

Os valores das médias, o desvio padrão e a indicação dos grupos etários que apresentaram diferenças significativas em comparação às idosas de idade avançada no teste *post-hoc* de Tukey ($p < 0,05$), para os parâmetros acústicos investigados no estudo, estão apresentados nas Tabelas 12a e 12b. O *p*-valor exato do teste *post-hoc* de Tukey, das diferenças significativas entre as idosas de idade avançada e os demais grupos etários nas frequências (f_0 , F1, F2 e F3) das vogais [a], [i] e [u], precedidas pelas consoantes [p] e [l], está apresentado na Tabela 19.

Considerando f_0 , F1, F2 e F3), todas as vogais e consoantes precedentes, mulheres de idade avançada (G7, 70-93 anos), somente apresentaram diferenças nos valores médios em comparação com os grupos mais novos (crianças, adolescentes, adultas jovens e adultas), conforme descrito previamente. Vale ressaltar que não houve interação para as medidas acústicas F1 [pi], F2 [la], F2 [pu] e [lu], e F3 [pa] e [la] (Tabelas 12a e 12b e 19).

Tabela 19 – P-valor exato do teste *post-hoc* de Tukey das diferenças médias significativas para as frequências (f_0 , F1, F2 e F3), para as vogais [a], [i] e [u], precedidas das consoantes [p] e [l], entre mulheres idosas (G7) e os demais grupos etários do sexo feminino.

Consoante [p]							Consoante [l]						
Frequência f_0							Frequência f_0						
[a]	<0,001	0,001	0,002	0,054	1,000	1,000	[a]	<0,001	0,002	0,061	0,010	1,000	1,000
[i]	<0,001	0,001	0,005	0,707	1,000	1,000	[i]	0,210	0,995	0,999	0,999	1,000	1,000
[u]	<0,001	0,146	0,439	0,477	1,000	1,000	[u]	<0,001	0,789	0,957	0,673	1,000	1,000
Formante F1							Formante F1						
[a]	0,583	1,000	1,000	0,514	1,000	0,999	[a]	<0,001	0,203	0,901	0,742	1,000	0,979
[i]	Não houve interação para esta medida acústica						[i]	<0,001	0,982	0,103	1,000	1,000	0,910
[u]	<0,001	<0,001	<0,001	0,004	0,584	0,970	[u]	<0,001	0,043	0,010	0,434	0,999	0,976
Formante F2							Formante F2						
[a]	<0,001	0,785	0,804	1,000	1,000	1,000	[a]	Não houve interação para esta medida acústica					
[i]	<0,001	<0,001	<0,001	0,003	0,996	1,000	[i]	0,805	<0,001	0,004	0,001	0,026	1,000
[u]	Não houve interação para esta medida acústica						[u]	Não houve interação para esta medida acústica					
Formante F3							Formante F3						
[a]	Não houve interação para esta medida acústica						[a]	Não houve interação para esta medida acústica					
[i]	<0,001	<0,001	0,060	0,026	1,000	1,000	[i]	<0,001	<0,001	<0,001	0,035	0,994	1,000
[u]	<0,001	0,906	1,000	0,887	0,994	0,840	[u]	<0,001	0,394	0,358	0,266	1,000	1,000

Legenda: *Post-hoc* de Tukey: *p*-valor ($>0,05$); G1:5-7 anos; G2:13-5 anos; G3:19-29 anos; G4:30-39 anos; G5:50-59 anos; G6:60-69 anos; G7:70-93 anos. Fonte: Elaborado pela autora. Dados da pesquisa, 2025.

5.3.2 Interação idade e sexo masculino

Os valores das médias e desvios padrão para cada parâmetro acústico (f_0 , F1, F2 e F3), por vogal e faixa etária, bem como a indicação das diferenças significativas ($p < 0,05$) entre os grupos etários para o masculino, são apresentados nas Tabelas 20a e 20b. Nessas Tabelas, considerou-se o valor de $p < 0,05$ como efeito significativo para todos os resultados, a fim de facilitar as comparações das médias das frequências entre os sete grupos etários. Os valores exatos da significância (valor de p) do teste *post-hoc* de Tukey, referente às comparações entre os grupos etários, são apresentados nas Tabelas 21 a 28.

Tabela 20a – *Post-hoc* da interação entre idade e sexo masculino, em Hertz, para f_0 , F1, F2 e F3 das vogais [a], [i] e [u], precedidas por [p] e [l], com indicação das diferenças médias significativas entre sete grupos etários (G1–G7) de falantes do PB.

		G1 Crianças (5-7 anos)			G2 Adolescentes (13-15 anos)			G3 Adultos Jovens (19-29 anos)			G4 Adultos (30-39 anos)		
		$\bar{x}$	DP $\pm$	$p<0,05$	$\bar{x}$	DP $\pm$	$p<0,05$	$\bar{x}$	DP $\pm$	$p<0,05$	$\bar{x}$	DP $\pm$	$p<0,05$
Consoante [p]													
f_0	[a]	243,9	28,2	2,3,4,5,6,7	138,6	42,4	1	130,0	22,1	1	128,7	20,1	1
	[i]	261,7	23,1	2,3,4,5,6,7	135,0	28,6	1	133,4	25,1	1	125,9	21,7	1
	[u]	273,3	36,8	2,3,4,5,6,7	136,5	26,9	1	137,7	25,5	1	133,2	18,5	1
F1	[a]	785,7	102,7	2,3,4,5,6,7	620,6	83,5	1	620,2	66,5	1	631,4	60,0	1
	[i]	Não houve interação idade e sexo para esta medida acústica											
	[u]	473,0	53,7	2,3,4,5,6,7	362,1	29,0	1	355,2	24,1	1	336,8	30,6	1
F2	[a]	1725,9	172,0	2,3,4,5,6,7	1306,7	114,9	1	1270,2	60,5	1	1242,6	77,1	1
	[i]	2654,1	189,2	2,3,4,5,6,7	2177,9	204,9	1	2115,9	135,6	1	2106,6	192,1	1
	[u]	Não houve interação idade e sexo para esta medida acústica											
F3	[a]	Não houve interação idade e sexo para esta medida acústica											
	[i]	3413,6	248,3	2,3,4,5,6,7	2972,4	253,2	1,7	2836,5	136,5	1	2880,2	297,9	1
	[u]	3498,1	247,4	2,3,4,5,6,7	2654,4	256,8	1	2564,7	167,9	-	2522,8	158,0	1
Consoante [l]													
f_0	[a]	251,8	25,6	2,3,4,5,6,7	139,3	39,6	1	134,1	21,6	1	131,7	25,2	1
	[i]	264,6	21,6	2,3,4,5,6,7	143,5	27,7	1	139,5	26,9	1	143,4	25,0	1
	[u]	266,1	27,3	2,3,4,5,6,7	143,9	26,9	1	144,0	23,9	1	145,0	23,1	1
F1	[a]	885,8	143,3	2,3,4,5,6,7	683,6	90,0	1	731,0	95,9	1	701,3	91,0	1
	[i]	399,7	78,9	2,3,4,5,6,7	283,3	26,6	1	270,3	20,6	1	270,3	21,2	1
	[u]	432,4	59,5	2,3,4,5,6,7	363,3	33,7	1	551,8	37,9	1	333,9	46,1	1
F2	[a]	Não houve interação idade e sexo para esta medida acústica											
	[i]	2725,6	193,5	2,3,4,5,6,7	2272,1	173,2	1	2244,6	143,1	1	2255,3	155,5	1
	[u]	Não houve interação idade e sexo para esta medida acústica											
F3	[a]	Não houve interação idade e sexo para esta medida acústica											
	[i]	3468,9	247,1	2,3,4,5,6,7	3187,7	234,5	1,7	3066,5	183,5	1	3126,4	147,3	1,7
	[u]	3393,1	218,4	2,3,4,5,6,7	2652,9	204,6	1	2598,0	193,9	1	2524,7	185,5	1

Teste *post-Hoc* de Tukey: fixado efeito significativo $p<0,05$; Hz: Hertz; ($\bar{x}$) média; (DP $\pm$): desvio padrão; f_0 : frequência fundamental; F1: primeiro formante; F2: segundo formante; F3: terceiro formante. 1.crianças; 2.adolescentes; 3.adultos jovens, 4.adultos; 5.adultos de meia idade; 6.idosos; 7. idosos de idade avançada. Fonte: Elaborado pela autora. Dados da pesquisa, 2025.

Tabela 20b – *Post-hoc* da interação entre idade e sexo masculino, em Hertz, para f_0 , F1, F2 e F3 das vogais [a], [i] e [u], precedidas por [p] e [l], com indicação das diferenças médias significativas entre sete grupos etários (G1–G7) de falantes do PB.

			G5			G6			G7		
			Adultos de Meia-Idade (50-59 anos)			Idosos (60 -69 anos)			Idosos de Idade Avançada (70-93 anos)		
			$\bar{x}$	DP $\pm$	$p<0,05$	$\bar{x}$	DP $\pm$	$p<0,05$	$\bar{x}$	DP $\pm$	$p<0,05$
Consoante [p]											
f_0	[a]	127,0	26,1	1		141,7	32,1	1	127,3	20,6	1
	[i]	126,9	27,5	1		138,1	30,0	1	134,9	34,9	1
	[u]	143,6	36,9	1		139,6	28,0	1	151,0	33,5	1
F1	[a]	608,4	51,4	1		620,2	65,9	1	610,5	84,9	1
	[i]				Não houve interação idade e sexo para esta medida acústica						
	[u]	350,8	49,3	1		336,6	40,5	1	331,1	50,0	1
F2	[a]	1270,0	86,0	1		1198,2	98,2	1	1277,5	115,4	1
	[i]	2116,1	116,5	1		2101,1	193,3	1	2038,7	113,8	1
	[u]				Não houve interação idade e sexo para esta medida acústica						
F3	[a]				Não houve interação idade e sexo para esta medida acústica						
	[i]	2783,4	178,4	1		2888,5	242,3	1	2724,8	198,1	1,2
	[u]	2540,4	234,56	1		2496,2	173,9	1	2589,2	220,6	1
Consoante [l]											
f_0	[a]	139,1	28,9	1		143,1	26,1	1	144,6	25,6	1
	[i]	151,5	35,1	1		157,4	32,5	1	150,8	30,6	1
	[u]	150,4	32,1	1		162,0	83,4	1	151,1	28,0	1
F1	[a]	671,6	86,4	1		697,1	56,3	1	715,7	66,7	1
	[i]	275,7	28,3	1		285,7	35,6	1	304,2	34,7	1
	[u]	342,2	39,3	1		337,7	41,7	1	343,4	46,8	1
F2	[a]				Não houve interação idade e sexo para esta medida acústica						
	[i]	2171,1	154,9	1		2145,5	148,6	1	2164,2	179,9	1
	[u]				Não houve interação idade e sexo para esta medida acústica						
F3	[a]				Não houve interação idade e sexo para esta medida acústica						
	[i]	3114,5	218,3	1,7		3016,0	243,6	1	2868,1	187,7	1,2,4,5
	[u]	2537,6	210,9	1		2441,7	232,0	1	2634,6	260,1	1

Teste *post-Hoc* deTukey: fixado efeito significativo $p<0,05$; Hz: Hertz; ($\bar{x}$): média; (DP $\pm$): desvio padrão; f_0 : frequência fundamental; F1: primeiro formante; F2: segundo formante; F3: terceiro formante; 1.crianças; 2.adolescentes; 3.adultos jovens, 4.adultos; 5.adultos de meia idade; 6.idosos; 7.idosos de idade avançada. Fonte: Elaborado pela autora. Dados da pesquisa, 2025.

5.3.2.1 Crianças (G1, 5-7 anos) e demais grupos etários (G2-G7)

Os valores das médias, o desvio padrão e a indicação dos grupos etários que apresentaram diferenças significativas em comparação às crianças do sexo masculino, no teste *post-hoc* de Tukey ($p < 0,05$), para os parâmetros acústicos investigados no estudo, estão apresentados nas Tabelas 20a e 20b. Os valores exatos do p -valor do teste *post-hoc* de Tukey, das diferenças significativas entre as crianças e os demais grupos etários nas frequências (f_0 , F1, F2 e F3), das vogais [a], [i] e [u], precedidas pelas consoantes [p] e [l], estão apresentado na Tabela 21.

Tabela 21 – P-valor exato do teste *post-hoc* de Tukey para as frequências (f_0 , F1, F2 e F3) para as vogais [a], [i] e [u], precedidas das consoantes [p] e [l], para crianças (G1) em comparação com os demais grupos etários do sexo masculino.

G2							G3							G4							G5							G6							G7							
Consoante [p]																					Consoante [l]																					
Frequência f_0																					Frequência f_0																					
[a]	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	[a]	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001														
[i]	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	[i]	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001														
[u]	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	[u]	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001														
Formante F1																					Formante F1																					
[a]	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	[a]	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001														
[i]	Não houve interação para este parâmetro																				[i]	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
[u]	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	[u]	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001														
Formante F2																					Formante F2																					
[a]	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	[a]	Não houve interação para este parâmetro																																		
[i]	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	[i]	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001														
[u]	Não houve interação para este parâmetro																				[u]	Não houve interação para este parâmetro																				
Formante F3																					Formante F3																					
[a]	Não houve interação para este parâmetro																				[a]	Não houve interação para este parâmetro																				
[i]	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	[i]	0,004	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001														
[u]	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	[u]	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001														

Legenda: *Post-hoc* de Tukey: p -valor ($< 0,05$); G1: 5-7 anos; G2: 13-5 anos; G3: 19-29 anos; G4: 30-39 anos; G5: 50-59 anos; G6: 60-69 anos; G7: 70-93 anos. Fonte: Elaborado pela autora. Dados da pesquisa, 2025.

Considerando f_0 , F1, F2 e F3, (Tabelas 20a e 20b e 21), crianças do sexo masculino (G1) apresentaram valores médios significativamente mais altos que todos os demais grupos etários (G2-G7, 13-93 anos) para todas as vogais, de forma consistente, para ambas as consoantes. As diferenças significativas entre as médias das crianças e os demais grupos etários (G2-G7), são apresentadas na Tabela 22.

Tabela 22 – Diferenças significativas entre as médias das crianças do sexo masculino em comparação com os demais grupos etários para os parâmetros acústicos das vogais [a], [i], [u], precedidas pelas consoantes [p] e [l].

Sexo Masculino		G2	G3	G4	G5	G6	G7
Média (Hz)		Diferença	Diferença	Diferença	Diferença	Diferença	Diferença
Consoante [p]							
f_0	[a]	105,3	113,9	115,2	116,9	102,2	116,6
	[i]	126,7	128,3	135,8	134,8	123,6	126,8
	[u]	136,8	135,6	140,1	129,7	133,7	122,3
F1	[a]	165,1	165,5	154,3	177,3	165,5	175,2
	[i]	Não houve interação para esta medida acústica					
	[u]	110,9	117,8	136,2	122,2	136,4	141,9
F2	[a]	419,2	455,7	483,3	455,9	527,7	448,4
	[i]	476,2	538,2	547,5	538,0	553,0	615,4
	[u]	Não houve interação para esta medida acústica					
F3	[a]	Não houve interação para esta medida acústica					
	[i]	441,2	577,1	533,4	630,2	525,1	688,8
	[u]	843,7	933,4	975,3	957,7	1001,9	908,9
Consoante [l]							
f_0	[a]	112,5	117,7	120,1	112,7	108,7	107,2
	[i]	121,1	125,1	121,2	113,1	107,2	113,8
	[u]	122,2	122,1	121,1	115,7	104,1	115,0
F1	[a]	202,2	154,8	184,5	214,2	188,7	170,1
	[i]	116,4	129,4	129,4	124,0	114,0	95,5
	[u]	69,1	119,4	98,5	90,2	94,7	89,0
F2	[a]	Não houve interação para esta medida acústica					
	[i]	453,5	481,0	470,3	554,5	580,1	561,4
	[u]	Não houve interação para esta medida acústica					
F3	[a]	Não houve interação para esta medida acústica					
	[i]	281,2	402,4	342,5	354,4	452,9	600,8
	[u]	740,2	795,1	868,4	855,5	951,4	758,5

Legenda: Teste *post-Hoc* de Tukey ($p < 0,05$); Hz: Hertz; f_0 : frequência fundamental; F1: primeiro formante; F2: segundo formante; F3: terceiro formante; G1: 5-7 anos; G2: 13-5 anos; G3: 19-29 anos; G4: 30-39 anos; G5: 50-59 anos; G6: 60-69 anos; G7: 70-93 anos. Fonte: Elaborado pela autora. Dados da pesquisa, 2025.

5.3.2.2 Adolescentes (G2, 13-15 anos) e demais grupos etários (G3-G7)

Os valores das médias, o desvio padrão e a indicação dos grupos etários que apresentaram diferenças médias significativas em comparação aos adolescentes do sexo masculino, no teste *post-hoc* de Tukey ($p < 0,05$), para os parâmetros acústicos investigados no estudo, estão apresentados nas Tabelas 20a e 20b. Os valores exatos do p-valor do teste *post-hoc* de Tukey, das diferenças significativas entre os adolescentes e os demais grupos etários nas frequências (f_0 , F1, F2 e F3) das vogais [a], [i] e [u], precedidas pelas consoantes [p] e [l], estão apresentado na Tabela 23.

Tabela 23 – P-valor exato do teste *post-hoc* de Tukey para as frequências (f_0 , F1, F2 e F3) para as vogais [a], [i] e [u], precedidas das consoantes [p] e [l], para adolescentes (G2) em comparação com os demais grupos etários do sexo masculino.

	G1	G3	G4	G5	G6	G7		G1	G3	G4	G5	G6	G7
Consoante [p]							Consoante [l]						
Frequência f_0							Frequência f_0						
[a]	<0,001	0,999	0,996	0,981	1,000	0,986	[a]	<0,001	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
[i]	<0,001	1,000	0,998	0,999	1,000	1,000	[i]	<0,001	1,000	1,000	1,000	0,942	1,000
[u]	<0,001	1,000	1,000	1,000	1,000	0,913	[u]	<0,001	1,000	1,000	1,000	0,752	1,000
Formante F1							Formante F1						
[a]	<0,001	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	[a]	<0,001	0,951	1,000	1,000	1,000	0,999
[i]	Não houve interação para esta medida acústica						[i]	<0,001	1,000	1,000	1,000	1,000	0,990
[u]	<0,001	1,000	0,716	1,000	0,719	0,394	[u]	<0,001	1,000	0,657	0,957	0,831	0,976
Formante F2							Formante F2						
[a]	<0,001	1,000	0,931	1,000	0,240	1,000	[a]	Não houve interação para esta medida acústica					
[i]	<0,001	0,994	0,978	0,168	0,963	0,242	[i]	<0,001	1,000	1,000	0,894	0,643	0,850
[u]	Não houve interação para esta medida acústica						[u]	Não houve interação para esta medida acústica					
Formante F3							Formante F3						
[a]	Não houve interação para esta medida acústica						[a]	Não houve interação para esta medida acústica					
[i]	<0,001	0,785	0,998	0,255	0,996	0,026	[i]	0,004	0,886	1,000	0,999	0,415	<0,001
[u]	<0,001	0,985	0,758	0,900	0,485	0,999	[u]	<0,001	1,000	0,767	0,877	0,067	1,000

Legenda: *Post-hoc* de Tukey: *p*-valor ($<0,05$); G1: 5-7 anos; G2: 13-5 anos; G3: 19-29 anos; G4: 30-39 anos; G5: 50-59 anos; G6: 60-69 anos; G7: 70-93 anos. Fonte: Elaborado pela autora. Dados da pesquisa, 2025.

Considerando f_0 , (Tabelas 20a, 20b e 23), os adolescentes (G2) não apresentaram diferenças médias significativas em comparação com os demais grupos etários (G3-G7, 19-39 anos), sugerindo estabilidade de f_0 dos 13 aos 93 anos.

Considerando os formantes, (Tabelas 20a, 20b e 23), observou-se que os adolescentes apresentaram valores médios significativamente mais altos em comparação com idosos de idade avançada (G7, 70-93 anos) somente para F3 da vogal [i], de forma consistente, para ambas as consoantes. A diferença significativa entre a média dos adolescentes, F3 [i] ([p]:2972,04; [l]:3187,7), em relação esse grupo foi de F3 [i] ([p]:293,1Hz, $p=0,026$; [l]:314,1Hz, $p<0,001$). Vale ressaltar que não houve interação para as medidas acústicas F1 [pi], F2 [la], F2 [pu] e [lu], e F3 [pa] e [la].

5.3.2.3 Adultos jovens (G3, 19-29 anos) e demais grupos etários (G4-G7)

Os valores das médias, o desvio padrão e a indicação dos grupos etários que apresentaram diferenças significativas em comparação aos adultos jovens do sexo masculino, no teste *post-hoc* de Tukey ($p<0,05$), para os parâmetros acústicos investigados no estudo, estão apresentados nas Tabelas 20a e 20b. Os valores exatos do *p*-valor do teste *post-hoc* de Tukey, das diferenças significativas entre os adultos

jovens e os demais grupos etários nas frequências (f_0 , F1, F2 e F3) das vogais [a], [i] e [u], precedidas pelas consoantes [p] e [l], estão apresentado na Tabela 24.

Tabela 24 – P-valor exato do teste *post-hoc* de Tukey para as frequências (f_0 , F1, F2 e F3) para as vogais [a], [i] e [u], precedidas das consoantes [p] e [l], para adultos jovens (G3) em comparação com os demais grupos etários do sexo masculino.

Consoante [p]							Consoante [l]						
Frequência f_0							Frequência f_0						
[a]	<0,001	0,999	1,000	1,000	0,979	1,000	[a]	<0,001	1,000	1,000	1,000	0,998	0,990
[i]	<0,001	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	[i]	<0,001	1,000	1,000	0,979	0,704	0,989
[u]	<0,001	1,000	1,000	1,000	1,000	0,948	[u]	<0,001	1,000	1,000	1,000	0,659	1,000
Formante F1							Formante F1						
[a]	<0,001	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	[a]	<0,001	0,951	0,999	0,889	0,998	1,000
[i]	Não houve interação para esta medida acústica						[i]	<0,001	1,000	1,000	1,000	0,999	0,664
[u]	<0,001	1,000	0,962	1,000	0,961	0,777	[u]	<0,001	1,000	0,989	1,000	0,999	1,000
Formante F2							Formante F2						
[a]	<0,001	1,000	1,000	1,000	0,848	1,000	[a]	Não houve interação para esta medida acústica					
[i]	<0,001	0,994	1,000	0,747	1,000	0,958	[i]	<0,001	1,000	1,000	0,991	0,907	0,982
[u]	Não houve interação para esta medida acústica						[u]	Não houve interação para esta medida acústica					
Formante F3							Formante F3						
[a]	Não houve interação para esta medida acústica						[a]	Não houve interação para esta medida acústica					
[i]	<0,001	0,785	1,000	1,000	1,000	0,941	[i]	<0,001	0,886	1,000	1,000	1,000	0,172
[u]	<0,001	0,985	1,000	1,000	0,990	1,000	[u]	<0,001	1,000	0,997	1,000	0,450	1,000

Legenda: *Post-hoc* de Tukey: *p*-valor (<0,05); G1: 5-7 anos; G2: 13-5 anos; G3: 19-29 anos; G4: 30-39 anos; G5: 50-59 anos; G6: 60-69 anos; G7: 70-93 anos. Fonte: Elaborado pela autora. Dados da pesquisa, 2025.

Considerando f_0 , F1, F2 e F3, (Tabelas 20a, 20b e 24), os adultos jovens (G3, 19 a 29 anos) não apresentaram diferenças médias significativas em relação aos grupos subsequentes (G4-G7, 30-93 anos). Vale ressaltar que não houve interação para as medidas acústicas F1 [pi], F2 [la], F2 [pu] e [lu], e F3 [pa] e [la].

5.3.2.4 Adultos (G4, 30-39 anos) e demais grupos etários (G5-G7)

Os valores das médias, o desvio padrão e a indicação dos grupos etários que apresentaram diferenças significativas em comparação aos adultos do sexo masculino, no teste *post-hoc* de Tukey ($p < 0,05$), para os parâmetros acústicos investigados no estudo, estão apresentados nas Tabelas 20a e 20b. Os valores exatos do *p*-valor do teste *post-hoc* de Tukey, das diferenças significativas entre os adultos e os demais grupos etários nas frequências (f_0 , F1, F2 e F3) das vogais [a], [i] e [u], precedidas pelas consoantes [p] e [l], estão apresentado na Tabela 25.

Tabela 25 – P-valor exato do teste *post-hoc* de Tukey para as frequências (f_0 , F1, F2 e F3) para as vogais [a], [i] e [u], precedidas das consoantes [p] e [l], para adultos (G4) em comparação com os demais grupos etários do sexo masculino.

	G1	G2	G3	G5	G6	G7		G1	G2	G3	G5	G6	G7
	Consoante [p]							Consoante [l]					
Frequência f_0							Frequência f_0						
[a]	<0,001	0,996	1,000	1,000	0,951	1,000	[a]	<0,001	1,000	1,000	1,000	0,979	0,943
[i]	<0,001	0,998	1,000	1,000	0,969	0,998	[i]	<0,001	1,000	1,000	1,000	0,934	1,000
[u]	<0,001	1,000	1,000	0,993	1,000	0,681	[u]	<0,001	1,000	1,000	1,000	0,742	1,000
Formante F1							Formante F1						
[a]	<0,001	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	[a]	<0,001	1,000	0,999	1,000	1,000	1,000
[i]	Não houve interação para esta medida acústica						[i]	<0,001	1,000	1,000	1,000	0,999	0,664
[u]	<0,001	0,716	1,000	0,997	1,000	1,000	[u]	<0,001	0,657	0,989	1,000	1,000	1,000
Formante F2							Formante F2						
[a]	<0,001	0,931	1,000	1,000	0,997	1,000	[a]	Não houve interação para esta medida acústica					
[i]	<0,001	0,978	1,000	0,856	1,000	0,986	[i]	<0,001	1,000	1,000	0,971	0,820	0,950
[u]	Não houve interação para esta medida acústica						[u]	Não houve interação para esta medida acústica					
Formante F3							Formante F3						
[a]	Não houve interação para esta medida acústica						[a]	Não houve interação para esta medida acústica					
[i]	<0,001	0,988	1,000	0,980	1,000	0,589	[i]	<0,001	1,000	1,000	1,000	0,940	0,011
[u]	<0,001	0,758	1,000	1,000	1,000	0,999	[u]	<0,001	0,767	0,997	1,000	0,991	0,911

Legenda: *Post-hoc* de Tukey: *p*-valor (<0,05); G1: 5-7 anos; G2: 13-5 anos; G3: 19-29 anos; G4: 30-39 anos; G5: 50-59 anos; G6: 60-69 anos; G7: 70-93 anos. Fonte: Elaborado pela autora. Dados da pesquisa, 2025.

Considerando f_0 , (Tabelas 20a, 20b e 25), os adultos (G4) não apresentaram diferenças médias significativas em relação aos grupos subsequentes (G5-G7, 50-93 anos). Considerando os formantes, observou-se que os valores significativamente mais altos ocorreram em comparação com os idosos de idade avançada (G7, 70-93 anos), somente para F3 da vogal [i], precedida de [l]. A diferença significativa entre a média dos adultos, F3 [i] ([l]:3126,4 Hz), em relação a esse grupo foi de F3 [i] ([l]:239,7 Hz, $p=0,011$). Vale ressaltar que não houve interação para as medidas acústicas F1 [pi], F2 [la], F2 [pu] e [lu], e F3 [pa] e [la].

5.3.2.5 Adultos de meia-idade (G5, 50-59 anos) e grupos etários (G6-G7)

Os valores das médias, o desvio padrão e a indicação dos grupos etários que apresentaram diferenças significativas em comparação aos adultos do sexo masculino, no teste *post-hoc* de Tukey ($p<0,05$), para os parâmetros acústicos investigados no estudo, estão apresentados nas Tabelas 20a e 20b. Os valores exatos do *p*-valor do teste *post-hoc* de Tukey, das diferenças significativas entre os adultos e os demais grupos nas frequências (f_0 , F1, F2 e F3) das vogais [a], [i] e [u], precedidas pelas consoantes, estão apresentado na Tabela 26.

Tabela 26 – P-valor exato do teste *post-hoc* de Tukey para as frequências (f_0 , F1, F2 e F3) para as vogais [a], [i] e [u], precedidas das consoantes [p] e [l], para adultos de meia-idade (G5) em comparação com os demais grupos etários do sexo masculino.

	G1	G2	G3	G4	G6	G7		G1	G2	G3	G4	G6	G7
	Consoante [p]							Consoante [l]					
Frequência f_0							Frequência f_0						
[a]	<0,001	0,981	1,000	1,000	0,880	1,000	[a]	<0,001	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
[i]	<0,001	0,990	1,000	1,000	0,985	0,999	[i]	<0,001	1,000	0,979	1,000	1,000	1,000
[u]	<0,001	1,000	1,000	0,993	1,000	1,000	[u]	<0,001	1,000	1,000	1,000	0,983	1,000
Formante F1							Formante F1						
[a]	<0,001	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	[a]	<0,001	1,000	0,889	1,000	1,000	0,994
[i]	Não houve interação para esta medida acústica						[i]	<0,001	1,000	1,000	1,000	1,000	0,871
[u]	<0,001	1,000	1,000	0,997	0,997	0,942	[u]	<0,001	0,957	1,000	1,000	1,000	1,000
Formante F2							Formante F2						
[a]	<0,001	1,000	1,000	1,000	0,850	1,000	[a]	Não houve interação para esta medida acústica					
[i]	<0,001	0,068	0,747	0,856	0,913	1,000	[i]	<0,001	0,894	0,991	0,971	1,000	1,000
[u]	Não houve interação para esta medida acústica						[u]	Não houve interação para esta medida acústica					
Formante F3							Formante F3						
[a]	Não houve interação para esta medida acústica						[a]	Não houve interação para esta medida acústica					
[i]	<0,001	0,255	1,000	0,980	0,964	1,000	[i]	<0,001	0,999	1,000	1,000	0,976	0,021
[u]	<0,001	0,900	1,000	1,000	1,000	1,000	[u]	<0,001	0,877	1,000	1,000	0,968	0,966

Legenda: *Post-hoc* de Tukey: *p*-valor (<0,05); G1: 5-7 anos; G2: 13-5 anos; G3: 19-29 anos; G4: 30-39 anos; G5: 50-59 anos; G6: 60-69 anos; G7: 70-93 anos. Fonte: Elaborado pela autora. Dados da pesquisa, 2025.

Considerando f_0 , (Tabelas 20a, 20b e 26), os adultos de meia-idade (G5, 50 a 59 anos) não apresentaram diferenças médias significativas em relação aos grupos subsequentes (G6-G7, 60-93 anos). Considerando os formantes, observou-se que os valores significativamente mais altos ocorreram em comparação com os idosos de idade avançada (G7, 70-93 anos), somente para F3 da vogal [i], quando precedida de [l]. A diferença significativa entre a média dos adultos de meia-idade, F3 [i] ([l]:3114,5 Hz), em relação esse grupo foi de F3 [i] ([l]:246,4 Hz, $p=0,02$). Vale ressaltar que não houve interação para as medidas acústicas F1 [pi], F2 [la], F2 [pu] e [lu], e F3 [pa] e [la].

5.3.2.6 Idosos (G6, 60-69 anos) e os demais grupos etários (G7)

Os valores das médias, o desvio padrão e a indicação dos grupos etários que apresentaram diferenças médias significativas em comparação aos adultos do sexo masculino, no teste *post-hoc* de Tukey ($p<0,05$), para os parâmetros acústicos investigados no estudo, estão apresentados nas Tabelas 20a e 20b. O *p*-valor exato do teste *post-hoc* de Tukey, das diferenças significativas entre os idosos e os demais grupos etários nas frequências (f_0 , F1, F2 e F3) das vogais [a], [i] e [u], precedidas pelas consoantes [p] e [l], está apresentado na Tabela 27.

Tabela 27 – P-valor exato do teste *post-hoc* de Tukey para as frequências (f_0 , F1, F2 e F3) para as vogais [a], [i] e [u], precedidas das consoantes [p] e [l], para idosos (G6) em comparação com os demais grupos etários do sexo masculino.

	G1	G2	G3	G4	G5	G7		G1	G2	G3	G4	G5	G7
	Consoante [p]							Consoante [l]					
Frequência f_0							Frequência f_0						
[a]	<0,001	1,000	0,979	0,951	0,880	0,902	[a]	<0,001	1,000	0,998	0,979	1,000	1,000
[i]	<0,001	1,000	1,000	0,969	0,985	1,000	[i]	<0,001	0,942	0,704	0,934	1,000	1,000
[u]	<0,001	1,000	1,000	1,000	1,000	0,988	[u]	<0,001	0,752	0,659	0,742	0,983	0,992
Formante F1							Formante F1						
[a]	<0,001	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	[a]	<0,001	1,000	0,998	1,000	1,000	1,000
[i]	Não houve interação para esta medida acústica						[i]	<0,001	1,000	0,999	0,999	1,000	0,997
[u]	<0,001	0,719	0,961	1,000	0,997	1,000	[u]	<0,001	0,831	0,999	1,000	1,000	1,000
Formante F2							Formante F2						
[a]	<0,001	0,240	0,848	0,997	0,850	0,752	[a]	Não houve interação para esta medida acústica					
[i]	<0,001	0,923	1,000	1,000	0,913	0,994	[i]	<0,001	0,645	0,907	0,820	1,000	1,000
[u]	Não houve interação para esta medida acústica						[u]	Não houve interação para este parâmetro					
Formante F3							Formante F3						
[a]	Não houve interação para esta medida acústica						[a]	Não houve interação para esta medida acústica					
[i]	<0,001	0,996	1,000	1,000	0,964	0,520	[i]	<0,001	0,415	1,000	0,940	0,976	0,670
[u]	<0,001	0,485	0,999	1,000	1,000	0,981	[u]	<0,001	0,067	0,450	0,991	0,968	0,147

Legenda: *Post-hoc* de Tukey: *p*-valor (<0,05); G1: 5-7 anos; G2: 13-5 anos; G3: 19-29 anos; G4: 30-39 anos; G5: 50-59 anos; G6: 60-69 anos; G7: 70-93 anos. Fonte: Elaborado pela autora. Dados da pesquisa, 2025.

Considerando f_0 , F1, F2 e F3, (Tabelas 20a, 20b e 27), idosos (G6) não apresentaram diferenças médias significativas em relação ao grupo subsequente (G7, 70-93 anos). Vale ressaltar que não houve interação para as medidas acústicas F1 [pi], F2 [la], F2 [pu] e [lu], e F3 [pa] e [la].

5.3.2.7 Idosos de idade avançada (G7, 70-93 anos)

Os valores das médias, o desvio padrão e a indicação dos grupos etários que apresentaram diferenças significativas em comparação aos idosos de idade avançada do sexo masculino, no teste *post-hoc* de Tukey ($p < 0,05$), para os parâmetros acústicos investigados no estudo, estão apresentados nas Tabelas 20a e 20b. Os valores exatos do *p*-valor do teste *post-hoc* de Tukey, das diferenças significativas entre os idosos de idade avançada e os demais grupos etários nas frequências (f_0 , F1, F2 e F3) das vogais [a], [i] e [u], precedidas pelas consoantes [p] e [l], estão apresentado na Tabela 30.

Tabela 28 – P-valor exato do teste *post-hoc* de Tukey para as frequências (f_0 , F1, F2 e F3) para as vogais [a], [i] e [u], precedidas das consoantes [p] e [l], para idosos de idade avançada (G7) em comparação com os demais grupos etários do sexo masculino.

	G1	G2	G3	G4	G5	G6		G1	G2	G3	G4	G5	G6
	Consoante [p]							Consoante [l]					
Frequência f_0							Frequência f_0						
[a]	<0,001	0,986	1,000	1,000	1,000	0,902	[a]	<0,001	1,000	0,990	0,943	1,000	1,000
[i]	<0,001	1,000	1,000	0,998	0,999	1,000	[i]	<0,001	1,000	0,989	1,000	1,000	1,000
[u]	<0,001	0,913	0,948	0,681	1,000	0,988	[u]	<0,001	1,000	1,000	1,000	1,000	0,992
Formante F1							Formante F1						
[a]	<0,001	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	[a]	<0,001	0,999	1,000	1,000	1,000	0,992
[i]	Não houve interação para esta medida acústica						[i]	<0,001	0,990	0,664	0,664	0,871	0,997
[u]	<0,001	0,394	0,770	1,000	0,942	1,000	[u]	<0,001	0,976	1,000	1,000	1,000	1,000
Formante F2							Formante F2						
[a]	<0,001	1,000	1,000	1,000	1,000	0,752	[a]	Não houve interação para este parâmetro					
[i]	<0,001	0,242	0,958	0,986	1,000	0,994	[i]	<0,001	0,850	0,982	0,950	1,000	1,000
[u]	Não houve interação para esta medida acústica						[u]	Não houve interação para esta medida acústica					
Formante F3							Formante F3						
[a]	Não houve interação para esta medida acústica						[a]	Não houve interação para esta medida acústica					
[i]	<0,001	0,026	0,941	0,589	1,000	0,520	[i]	<0,001	<0,001	0,172	0,011	0,021	0,670
[u]	<0,001	0,999	1,000	0,999	1,000	0,981	[u]	<0,001	1,000	1,000	0,911	0,966	0,147

Legenda: *Post-hoc* de Tukey: *p*-valor (<0,05); G1: 5-7 anos; G2: 13-5 anos; G3: 19-29 anos; G4: 30-39 anos; G5: 50-59 anos; G6: 60-69 anos; G7: 70-93 anos. Fonte: Elaborado pela autora. Dados da pesquisa, 2025.

Considerando f_0 , F1, F2, F3, (Tabelas 20a, 20b e 28), idosos de idade avançada (G7) somente apresentaram diferenças médias significativas, com valores mais baixos, na comparação com grupos etários mais novos.

Sumarizando, no sexo masculino, diminuição nos valores médios de f_0 , F1, F2 e F3, para todas as vogais e contextos consonantais, das crianças em relação a todos os grupos etários subsequentes. Observou, ainda, que esta diminuição ocorreu de forma mais acentuada entre crianças e adolescentes. A partir da adolescência (G2, 13-15 anos) até a idade avançada (G2-G7, 13-93 anos), não foram observadas diferenças significativas para a f_0 para todas as vogais e contextos consonantais e, também, para F1, F2 e F3, em quase todas as medidas acústicas. Duas exceções foram observadas: adolescentes (G2) se diferenciaram significativamente de idosos de idade avançada (G7, 70-93 anos) para F3 da vogal [i], para ambas as consoantes; e adultos e adultos de meia-idade (G4-G5, 30-59 anos) também se diferenciaram significativamente de idosos de idade avançada (G7, 70-93 anos) para o mesmo parâmetro acústico e vogal, quando precedida de [p]. Os resultados sugerem que a vogal [i] foi a mais sensível para

identificar mudanças no sexo masculino com o avanço da idade. Vale ressaltar que não houve interação para as medidas acústicas F1 [pi], F2 [la], F2 [pu] e [lu], e F3 [pa] e [la] (Tabelas 20a, 20b e 28).

A seguir, são apresentados os resultados do teste *post-hoc* de Tukey para a interação sexo, feminino e masculino, para cada um dos sete grupos etários.

5.3.3 Interação do sexo para cada um dos grupos etários

Conforme analisado pelo teste *post-hoc* de Tukey ($p < 0,05$), os resultados das comparações entre os sexos, para cada um dos sete grupos etários, por parâmetro acústico (f_0 , F1, F2 e F3), para as vogais [a], [i] e [u] precedidas das consoantes [p] e [l], são apresentados nas Tabelas 29 e 30, respectivamente.

Tabela 29 – Diferença das médias entre os sexos feminino e masculino, nos parâmetros acústicos das vogais [a], [i] e [u], precedidas da consoante [p], dentro dos sete grupos etários (em Hz), com indicação de p-valor estatisticamente significativo.

Grupos	Frequência	[a]	p-valor	[i]	p-valor	[u]	p-valor
G1	f_0	-1,8	1,000	-7,5	1,000	-13,5	0,965
	F1	-43,2	0,931	63,9	-	21,1	0,940
	F2	86,9	0,701	-14,7	1,000	46,7	-
	F3	64,2	-	64,7	1,000	- 9,2	1,000
G2	f_0	85,7	<0,001	90,7	<0,001	94,8	<0,001
	F1	61,7	0,386	67,1	<0,001	78,4	<0,001
	F2	250,6	<0,001	305,4	0,058	93,1	<0,001
	F3	233,5	-	227,8	1,000	309,2	<0,001
G3	f_0	92,7	0,023	99,3	<0,001	99,3	<0,001
	F1	87,0	<0,001	68,1	-	88,6	<0,001
	F2	285,8	<0,001	312,8	<0,001	89,7	-
	F3	180,0	-	251,1	0,016	339,0	<0,001
G4	f_0	87,0	<0,001	81,0	<0,001	93,8	<0,001
	F1	11,7	0,001	76,4	-	91,8	<0,001
	F2	255,9	<0,001	301,2	<0,001	108,2	-
	F3	238,9	-	231,1	0,057	446,8	<0,001
G5	f_0	68,2	<0,001	67,0	<0,001	53,5	<0,001
	F1	60,3	0,427	69,8	-	55,5	<0,001
	F2	208,9	<0,001	25,3	0,393	53,5	-
	F3	56,2	-	79,5	0,997	233,1	0,025
G6	f_0	43,5	<0,001	46,0	<0,001	64,4	<0,001
	F1	38,7	0,950	55,7	-	60,1	<0,001
	F2	282,0	<0,001	104,1	0,703	73,7	-
	F3	58,7	-	47,3	1,000	-238,9	0,018
G7	f_0	60,8	<0,001	54,7	<0,001	30,7	<0,001
	F1	74,4	0,122	47,9	-	47,7	0,007
	F2	204,3	<0,001	162,6	0,064	30,7	-
	F3	177,7	-	138,7	0,760	262,9	0,004

Legenda: Teste de Tukey: ($p < 0,05$); f_0 : frequência fundamental; F1: primeiro formante; F2: segundo formante; F3: terceiro formante. (-): Não houve interação. Fonte: Elaborado pela autora. Dados da pesquisa, 2025.

Tabela 30 – Diferença das médias entre os sexos, feminino e masculino, nos parâmetros acústicos das vogais [a], [i] e [u], precedidas da consoante [l], dentro dos sete grupos etários (em Hz), com indicação de p-valor estatisticamente significativo.

Grupos	Frequência	[a]	p-valor	[i]	p-valor	[u]	p-valor
G1	f_0	-8,0	1,000	-19,1	0,695	-5,0	1,000
	F1	33,9	0,999	53,6	0,084	63,3	0,001
	F2	145,2	-	-169,8	0,240	84,7	-
	F3	65,8	-	131,2	0,876	196,8	0,188
G2	f_0	86,4	<0,001	87,0	<0,001	86,5	<0,001
	F1	45,2	0,967	81,0	<0,001	63,4	<0,001
	F2	229,3	-	441,4	<0,001	85,6	<0,001
	F3	184,6	-	251,4	0,016	335,9	<0,001
G3	f_0	84,4	<0,001	89,4	<0,001	83,1	<0,001
	F1	133,5	0,001	120,6	<0,001	-80,6	<0,001
	F2	267,3	-	425,6	<0,001	37,5	-
	F3	201,8	-	453,3	<0,001	394,1	<0,001
G4	f_0	91,7	<0,001	86,0	<0,001	87,3	<0,001
	F1	173,6	<0,001	67,8	0,002	81,0	<0,001
	F2	259,7	-	444,3	<0,001	65,7	-
	F3	304,5	<0,001	243,2	0,057	481,4	<0,001
G5	f_0	59,0	<0,001	70,7	<0,001	61,0	<0,001
	F1	134,4	0,002	58,8	0,014	52,3	0,009
	F2	199,1	-	472,6	<0,001	78,7	-
	F3	62,9	-	100,5	0,972	303,5	<0,001
G6	f_0	50,4	<0,001	56,0	<0,001	55,8	<0,001
	F1	72,5	0,465	30,0	0,828	23,8	0,887
	F2	254,8	-	326,4	<0,001	42,3	-
	F3	148,9	-	116,0	0,916	442,1	<0,001
G7	f_0	48,0	<0,001	69,4	<0,001	63,1	<0,001
	F1	97,3	0,069	38,3	0,460	37,6	0,245
	F2	166,4	-	275,3	<0,001	42,6	-
	F3	169,3	-	262,3	0,009	194,9	0,123

Legenda: Teste de Tukey: ($p < 0,05$); f_0 : frequência fundamental; F1: primeiro formante; F2: segundo formante; F3: terceiro formante; (-): Não houve interação. Fonte: Elaborado pela autora. Dados da pesquisa, 2025

No grupo de crianças (G1, 5–7 anos) não foram observadas diferenças significativas entre os sexos para f_0 , F1, F2 e F3. A única exceção ocorreu em F1 da vogal [u], quando precedida de [l], com valor médio mais alto para o sexo feminino. Esses resultados indicam que, nesta faixa etária, as distinções sexuais na f_0 , são inexistentes e, nos formantes, são pouco expressivas. O valor médio das diferenças entre os sexos e os respectivos valores de p estão apresentados nas Tabelas 29 e 30.

No grupo de adolescentes (G2, 13–15 anos) foram observadas diferenças significativas entre os sexos para a maioria das medidas analisadas de f_0 , F1, F2 e F3, com valores médios mais altos para o sexo feminino. Considerando os formantes, as exceções ocorreram em F1 da vogal [a], em ambas as consoantes, e em F2 e F3 da vogal [i], quando precedida de [p], nas quais não foram observadas diferenças significativas entre os sexos. Esses achados sugerem que, na adolescência, inicia-se um período de distinção acústica evidente entre os sexos, embora algumas medidas ainda não reflitam completamente essas diferenças. O valor médio das diferenças entre os sexos e os respectivos valores de p estão apresentados nas Tabelas 29 e 30.

No grupo de adultos jovens (G3, 19–29 anos) foram observadas diferenças significativas entre os sexos para f_0 , F1, F2 e F3, abrangendo todas as vogais orais ([a], [i], [u]) e ambas as consoantes ([p] e [l]), com valores médios mais altos para o sexo feminino. A única exceção foi observada em F1 da vogal [u], quando precedida de [l], em que os homens apresentaram valor médio mais alto que as mulheres. Esses achados sugerem que essa faixa etária representa um marco do desenvolvimento vocal, caracterizado pelo período de maior diferenciação sexual nos parâmetros acústicos analisados. O valor médio das diferenças entre os sexos e os respectivos valores de p estão apresentados nas Tabelas 29 e 30.

No grupo de adultos (G4, 30–39 anos) foram observadas diferenças significativas entre os sexos para f_0 , F1, F2 e F3, com valores médios mais altos para o sexo feminino. A exceção ocorreu para F3 da vogal [i], para ambas as consoantes, em que não foram observadas diferenças significativas entre os sexos. O valor médio das diferenças entre os sexos e os respectivos valores de p estão apresentados nas Tabelas 29 e 30.

No grupo de adultos de meia-idade (G5, 50–59 anos) considerando f_0 , foram observadas diferenças significativas entre os sexos para todas as medidas acústicas analisadas, com valores mais altos para o sexo feminino. Considerando os formantes, manteve-se, nesse grupo, a exceção de F3 da vogal [i], em ambas as consoantes, para a qual não foi observada diferença significativa entre os sexos. Além disso, também não foram observadas diferenças significativas entre os sexos para F1 da vogal [a] e F2 da vogal [i], ambas precedidas de [p]. O valor médio das diferenças entre os sexos e os respectivos valores de p-valor estão apresentados nas Tabelas 29 e 30.

No grupo de idosos (G6, 60–69 anos) foram observadas diferenças significativas entre os sexos na medida de f_0 , com valores mais altos para o sexo feminino. Considerando os formantes, esse grupo não apresentou diferenças significativas para a maioria das medidas acústicas analisadas. Particularmente, manteve-se, nesse grupo, a exceção de F3 [i], em ambas as consoantes, e dos formantes F1 [a] e F2 [i], precedidas de [p], para os quais não foi se observaram diferenças significativas entre os sexos, conforme identificado em grupos etários anteriores. Além disso, nesse grupo também não foram verificadas diferenças significativas entre os sexos para F1[a], F1[i] e F1[u], todas precedidas de [l]. Esses achados sugerem que, a partir dos 60 anos, as diferenças entre os sexos tornam-se menos expressiva nos formantes. O valor médio das diferenças entre os sexos e os respectivos valores de p estão apresentados nas Tabelas 29 e 30.

No grupo de idosos de idade avançada (G7, 70-93 anos) foram observadas diferenças significativas entre os sexos na f_0 , com valores mais altos para o sexo feminino. Com relação aos formantes, mantiveram-se, nesse grupo, as exceções já observadas em faixas etárias anteriores: F3 [i], apenas quando precedida por [p], F1 [a], para ambas as consoantes, F2 [i], precedida por [p], F1[i] e F1[u], ambas precedidas por [l]. Além disso, observou-se uma nova exceção: F3[u], precedido por [l]. Esses achados sugerem que, a partir dos 70 anos, as diferenças entre os sexos continuam sendo menos expressivas em relação aos formantes, embora os valores médios permaneçam mais altos para o sexo feminino. O valor médio das diferenças entre os sexos e os respectivos valores de p estão apresentados nas Tabelas 29 e 30.

Sumarizando, a frequência fundamental (f_0), não diferenciou o sexo no grupo de crianças (5-7 anos). As diferenças significativas entre os sexos ocorrem a partir da adolescência e estendem-se até a idade avançada (13-93 anos), com médias mais altas para o sexo feminino. Em relação aos formantes, o sexo também não foi fator de diferenciação nas crianças, com exceção de F1[u], precedido de [l]. Na adolescência (13-15 anos), observou-se diferenciação entre os sexos, na maioria das medidas, com exceção em F1[a]:([p],[l]) e F2-F3 [i]:([p]), o que indica o início de uma diferenciação expressiva entre os sexos. Entre adultos-jovens (19-29 anos), foram observadas diferenças significativas para todos os parâmetros, vogais e consoantes, caracterizando esse grupo como marco de diferenciação acústica entre mulheres e

homens, com médias mais altas para o sexo feminino. A partir da idade adulta (30-39 anos), a diferenciação entre os sexos se mantém, com valores mais altos para as mulheres, embora com algumas exceções, com a ausência de diferenças significativas para $F3[i]:([p],[l])$. No grupo de meia-idade (50-59 anos), o sexo continua sendo um fator de diferenciação, embora haja um aumento expressivo no número de exceções. Além da já mencionada ausência de diferença para o $F3[i]:([p],[l])$, também não foram observadas diferenças para $F1[a]:([p])$ e $F2[i]:([p])$. No grupo de idosos (60-69 anos), o sexo torna-se um fator menos expressivo de diferenciação nos formantes, embora as médias permaneçam mais altas para as mulheres. Nesse grupo, mantém-se a ausência de diferenciação observada no grupo de meia-idade, e ampliando-se essa ausência de diferenciação para $F1[a]$, $F1[i]$ e $F1[u]$, precedido por $[l]$. Por fim, no grupo de idade avançada (70-93 anos), o sexo permanece como um fator pouco expressivo de diferenciação nos formantes. Não foram observadas diferenças significativas entre os sexos para os seguintes parâmetros: $F3[i]:([p])$; $F1[a]:([p],[l])$; $F2[i]:([p])$; $F1[i]$ e $F1[u]:([l])$; e para $F3[u]:([l])$. A f_0 mostrou ser o parâmetro acústico mais robusto para a diferenciação entre os sexos, dos 13 aos 93 anos. Já o $F3$ da vogal $[i]$ mostrou ser o mais estável ao longo da vida, sem diferença entre os sexos da adolescência a idade avançada (13-93 anos). Os valores médios dessas diferenças e os respectivos p-valores estão detalhados nas Tabelas 29 e 30.

6 DISCUSSÃO

O presente estudo teve como objetivo estabelecer valores de referência da frequência fundamental (f_0) e formantes F1, F2, F3 das vogais orais [a], [i], [u] para falantes do Português Brasileiro (PB) ao longo da vida. A fim de estabelecer os valores normativos de referência, orientadores para as diferentes faixas etárias, o estudo também teve como objetivo verificar os possíveis efeitos da idade, do sexo e a interação desses efeitos sobre os parâmetros acústicos das vogais analisadas.

Investigou-se a produção da voz e da fala de 282 indivíduos saudáveis, com idades entre 5 e 93 anos, organizados em sete grupos etários, de ambos os sexos: crianças (5-7 anos), adolescentes (13-15 anos), adultos jovens (19-29 anos), adultos (30-39 anos), adultos de meia-idade (50-59 anos), idosos (60-69 anos) e idosos de idade avançada (70-93 anos). As medidas acústicas da frequência fundamental (f_0) e formantes F1, F2, F3 foram extraídas de palavras inseridas em frases e textos, com as vogais orais [a], [i], [u], no contexto consoante-vogal, precedidas de [p] e [l]. Até o momento, não foram reportados na literatura, em um único estudo, com os mesmos critérios metodológicos, realizado por único pesquisador, o efeito da idade sobre as mudanças na voz e na fala, ao investigar conjuntamente esses parâmetros acústicos nessas vogais, em uma amostra ampla e etariamente equilibrada, ao longo da vida.

Considerando que um padrão normativo dos parâmetros acústicos é necessário como referência para a avaliação clínica e o tratamento de alterações de voz e fala em diferentes faixas etárias, além de orientar estudos sobre qualidade de vida durante o envelhecimento, identificação biométrica, *forense* e reconhecimento automático da fala (EICHHORN *et al.*, 2018; TYKALOVA *et al.*, 2020; ALBUQUERQUE *et al.*, 2020), foram apresentados, para ambos os sexos e diferentes grupos etários, valores médios de referência e desvios-padrão da frequência fundamental (f_0) e dos formantes F1, F2, e F3 das vogais orais [a], [i] e [u] para falantes do português brasileiro ao longo da vida (Tabelas 3 e 4).

No presente estudo verificou-se diferença significativa ($p < 0,001$) tanto para o efeito idade quanto para o efeito do sexo, em todas as medidas acústicas das três vogais, em ambos os contextos consonantais. Também foi verificada interação significativa entre idade e sexo em 18 medidas acústicas, a depender do parâmetro

acústico, da vogal e da consoante precedente. Não ocorreu interação para as medidas acústicas F1 [pi], F2 [la], F2 [pu] e [lu], e F3 [pa] e [la] (Tabela 5). Assim, os resultados dos efeitos de idade, sexo e da interação, nos sete grupos etários, serão discutidos a seguir, primeiro na frequência fundamental, e em seguida nos formantes.

6.1 Frequência fundamental (f_0)

6.1.1 Efeito idade sobre a f_0

Em estudos prévios, da infância à fase adulta, informações sobre as vogais orais [a], [i] e [u] extraídas de palavras foram relatadas para falantes típicos, de ambos os sexos, do inglês americano (PETERSON e BARNEY, 1952; LEE, POTAMIANOS e NARAYANAN, 1999; WHITESIDE, HODGSON, 2000; VORPERIAN *et al.*, 2019; VORPERIAN *et al.*, 2023), e no inglês australiano (ASSMANN e KATZ, 2000).

No presente estudo era esperado que a f_0 se diferenciasse nas faixas etárias ao longo da vida, com mudanças mais acentuadas em crianças e idosos. Os resultados mostraram diferenças significativas entre crianças, adolescentes e adultos jovens, que apresentaram médias de f_0 mais altas quando comparados aos seus respectivos grupos etários subsequentes, dependendo da vogal e da consoante precedente. Não houve diferença significativa nas demais faixas etárias (Tabelas 6 a 10).

As crianças de 5 a 7 anos apresentaram valores médios mais altos da f_0 , que todos os demais grupos etários (G2-G7), para todas as vogais e em ambos os contextos consonantais (Tabelas 6 a 10). Observou-se uma diminuição acentuada nas médias na transição das crianças para o grupo de adolescentes. Essa diminuição pode ser atribuída a alterações estruturais, como o alongamento e o espessamento das pregas vocais, consistentes com mudanças estruturais que acompanham o crescimento laríngeo e o desenvolvimento puberal (VORPERIAN *et al.*, 2023), bem como ao crescimento da laringe associado à ação dos novos níveis hormonais, que leva, funcionalmente, a uma adaptação às novas condições anatômicas, que se traduz num abaixamento da frequência fundamental (BEHLAU *et al.*, 2001).

De forma similar, os adolescentes de 13 a 15 anos apresentaram valores mais altos da f_0 na comparação com adultos de meia-idade, idosos e idosos de idade avançada (G5-G7) para as vogais [a] e [i], precedidas de [p], observando-se a

continuidade da diminuição nas médias nessas vogais. Esses achados corroboram estudos prévios que indicam que as mudanças na f_0 são acentuadas durante a puberdade (VORPERIAN *et al.*, 2019), e com a descrição da diminuição da f_0 nesse período (KENT e VORPERIAN, 2018), seguida de relativa estabilidade na idade adulta, até que surjam mudanças sutis nas décadas mais avançadas (KENT e VORPERIAN, 2018; VORPERIAN *et al.*, 2019). Os resultados também estão em consonância com Lee, Potamianos e Narayanan (1999), que relataram que a média da f_0 atinge um ponto de estabilização na adolescência, por volta dos 13 anos, mantendo-se estável a partir desse período. Considerando a vogal [u], os resultados sugerem estabilidade a partir da adolescência (G2-G7), corroborando parcialmente Lee, Potamianos e Narayanan (1999), ao referirem ausência de diferença significativa para essa mesma vogal entre crianças e adultos, o que sugere estabilidade também na adolescência, já que esta representa uma transição entre os grupos e não foi destacada como exceção dentro das análises de mudança reportadas pelos autores.

Os jovens adultos de 19 a 29 anos apresentaram valores mais altos da f_0 , somente na comparação com adultos de meia-idade (G5) para a vogal [a], e na comparação com idosos de idade avançada (G7) para a vogal [i], ambas precedidas pela consoante [p]. Observou-se diminuição das médias nesses grupos etários, embora menos acentuada. Não foram encontradas diferenças na comparação com adultos a partir dos 30 anos (G4), sugerindo que esta faixa etária seja o marco inicial da estabilidade da f_0 para as vogais [a], [i] [u] (Tabelas 6 a 10). Esses achados estão em consonância com Kent e Vorperian (2018), que reportaram estabilidade da f_0 durante a fase adulta jovem associada à maturação e manutenção das estruturas laríngeas, com poucas variações individuais até o início das alterações relacionadas ao envelhecimento. Ainda, Behlau *et al.* (2001) reportaram que, geralmente, se considera o período de máxima eficiência vocal a faixa etária de 25 a 45 anos.

A partir da idade adulta (30 a 39 anos) até a idade avançada (G4-G7) não foram observadas diferenças significativas quando esses grupos foram comparados aos seus respectivos grupos etários subsequentes, indicando a manutenção da estabilidade da f_0 para todas as vogais neste intervalo, reafirmando a estabilidade reportada previamente. (Tabelas 6 a 10). Esses resultados estão em consonância com Behlau *et al.*, (2001); Kent e Vorperian (2018).

6.1.2 Efeito sexo sobre a f_0

Segundo Kent e Read (2007) o sexo exerce influência significativa nas características acústicas da fala desde os primeiros anos, que impactam a frequência fundamental (f_0), com o dimorfismo sexual do trato vocal emergindo na infância e se tornando mais pronunciado com o desenvolvimento. Já segundo Behlau *et al.*, (2001), até a puberdade a laringe é bastante semelhante entre os sexos, ocorrendo um crescimento das estruturas na adolescência, mais acentuado nos homens, sendo o aumento do diâmetro anteroposterior a alteração mais observada.

Neste estudo, era esperado um efeito significativo do sexo sobre a f_0 para todas as vogais e contextos consonantais, com médias mais altas para o sexo feminino, considerando todos os grupos etários. Os resultados confirmaram esta hipótese. As diferenças entre as médias do sexo feminino e do masculino situaram-se em um intervalo que variou de um valor mínimo de 59,1 Hz e um máximo de 64,6Hz, considerando todas as vogais e contextos consonantais (Tabela 11 e Figura 23). Esses resultados estão em consonância com o estudo de Eichhorn *et al.* (2018), que reportaram diferenças significativas no efeito sexo na f_0 , entre mulheres e homens, com valores mais altos para mulheres em todas as vogais do estudo. Do mesmo modo, alinham-se ao que foi descrito por Kent e Read (2007), ao referirem que a f_0 permanece de maneira relativamente consistente mais alta no sexo feminino do que no masculino ao longo da vida.

6.1.3 Interação idade e sexo sobre a f_0

6.1.3.1 Sexo feminino

Neste estudo, os achados da f_0 no sexo feminino mostraram que crianças (5 a 7 anos) apresentam diferenças médias significativamente mais altas para as vogais [i] e [u], em comparação com todos os demais grupos etários (G2-G7), dependendo da consoante precedente. Já para a vogal [a], observou-se estabilidade dos 5 aos 30 anos (G1-G4), com diferenças significativas apenas na comparação com mulheres a partir dos 50 anos (G5-G7), para ambos os contextos consonantais (Tabelas 12a e 12b e Tabela 13). Os valores elevados da f_0 nas crianças, incluindo as do sexo feminino, podem ser explicados pelas características anatômicas e fisiológicas desse estágio inicial de desenvolvimento laríngeo, que incluem pregas vocais curtas, finas e de baixa

massa, resultando em uma vibração mais rápida das pregas vocais (STATHOPOULOS; HUBER e SUSSMAN, 2011; VIEGAS *et al.*, 2019; VORPERIAN *et al.*; 2023).

Segundo Lee, Potamianos e Narayanan (1999), a variabilidade intra-sujeito no controle da f_0 permanece elevada nessa fase e continua em desenvolvimento, corroborando os achados deste estudo. No presente estudo, também foi observada uma diminuição acentuada das médias entre as crianças e as adolescentes nas vogais [i] e [u], dependendo da consoante precedente (Tabelas 12a e 12b e Tabela 13). Esses achados corroboram estudo prévio que indica que as mudanças na f_0 são acentuadas durante a puberdade (VORPERIAN *et al.*, 2019) e, também, as descrições sobre a diminuição da f_0 nesse período (KENT e VORPERIAN, 2018), seguida por relativa estabilidade na idade adulta (VORPERIAN *et al.*, 2019; ALBUQUERQUE, 2020).

As adolescentes (13 a 15 anos) não se diferenciaram significativamente de adultas jovens e mulheres adultas (G3-G4). No entanto, apresentaram médias significativamente mais altas na comparação com mulheres a partir de 50 anos (G5-G7) para vogal [a], em ambos os contextos consonantais e para a vogal [i], quando precedida da consoante [p]. Não foram observadas diferenças significativas para a vogal [u] (Tabelas 12a e 12b e Tabela 14). Esses resultados sugerem um padrão estável da f_0 nas vogais [a] e [i] dos 13 aos 39 anos (G2-G4), e na vogal [u] a partir dos 13 anos (G2-G7). Os resultados deste estudo estão em consonância com Vorperian (2023), que descreveu um "ponto de ruptura", uma mudança de tendência da f_0 por volta dos 10 anos de idade, associado a mudanças anatômicas relacionadas à puberdade, como o deslocamento secundário da laringe, o alongamento da faringe e o aumento do tamanho das estruturas da laringe, levando a uma queda abrupta da f_0 , também referida por Behlau (2011) como tendo início aos 9 anos.

Os resultados corroboram também Lee, Potamianos e Narayanan (1999), ao reportarem que, após os 12 anos não há mudança significativa na f_0 , e que adolescentes passam a apresentar padrões semelhantes aos de adultos. Considerando que a literatura aponta alterações a partir da meia idade que influenciam a f_0 , a exemplo, alterações hormonais associadas à menopausa (BEHLAU *et al.*, 2001; ALBUQUERQUE, 2020; SPAZZAPAN *et al.*, 2022), é sugestivo que a diferença observada entre as adolescentes e mulheres a partir dos 50 anos, especialmente para a vogal [a], também observada na infância, reflita estas alterações.

As adultas jovens (19 a 29 anos), não se diferenciaram significativamente de mulheres adultas de 30 anos (G4). Esses resultados sugerem estabilidade nas vogais [a], [i] e [u] entre os 19 e 39 anos (G3-G4). As diferenças significativas, com médias mais altas para as adultas jovens ocorreram na comparação com mulheres a partir dos 50 anos (G5-G7) para as vogais [a] e [i] quando precedidas de [p]. Não houve diferenças significativas para a vogal [u] (Tabelas 12a e 12b e Tabela 15). Essas diferenças sugerem refletir as possíveis flutuações hormonais associadas à menopausa que impactam a f_0 (BEHLAU *et al.*, 2001; ALBUQUERQUE, 2019; SPAZZAPAN *et al.*, 2022), bem como as alterações musculares e cartilaginosas do trato vocal que acompanham o envelhecimento e refletem mudanças vocais (AMIR e BIRON-SHENTAL, 2004), presentes a partir da faixa etária de 50 anos.

De modo geral, neste estudo, os valores médios mínimo e máximo observados das diferenças da f_0 entre as adultas jovens e as mulheres a partir dos 50 anos foram para a vogal [a] entre 27,7Hz e 37,5Hz, e para a vogal [i] entre 27,8Hz e 37,6Hz. Esses resultados corroboram o estudo de Eichhorn *et al.* (2018), que reportou redução significativa no valor da média da f_0 das vogais [a] e [i] de 35Hz, entre o grupo de mulheres jovens (20-30 anos) e mulheres mais velhas (70+ anos).

Em relação às mulheres adultas (30 a 39 anos), a única diferença significativa com média mais alta foi observada na comparação com idosas (G6), para a vogal [a] em ambas as consoantes, e com idosas de idade avançada (G7), quando a vogal [a] foi precedida de [l]. Não houve diferença significativa para as vogais [i] e [u] (Tabelas 12a e 12b e Tabela 16). Esses resultados sugerem estabilidade das vogais [a], [i] e [u] entre adultas e adultas de meia-idade (G4-G5).

Considerando a similaridade entre os achados dos grupos de adultas e adultas jovens, em relação às mulheres de 60 anos, sugere-se que as diferenças observadas a partir dos 60 anos podem estar relacionadas às possíveis flutuações hormonais associadas à menopausa, que impactam a f_0 (BEHLAU *et al.*, 2011; ALBUQUERQUE, 2019; SPAZZAPAN *et al.*, 2022), bem como a alterações musculares e cartilaginosas do trato vocal que acompanham o envelhecimento e refletem mudanças vocais (AMIR e BIRON-SHENTAL, 2004), iniciadas aos 50 anos e intensificadas a partir dos 60 anos. Não há estudos que analisaram especificamente esta faixa etária, o que dificulta comparações com a literatura existente, que reportou resultados para faixas etárias

distintas (EICHHORN *et al.*, 2018; VIEGAS *et al.*, 2019; ALBUQUERQUE *et al.*, 2019).

A partir da adulta de meia-idade (G5-G7, 50 a 93 anos), não foram observadas diferenças significativas entre os grupos etários subsequentes, sugerindo estabilidade da f_0 neste estudo dos 50 aos 93 anos (Tabelas 12a e 12b e Tabelas 17 a 19). No grupo de idoso de idade avançada (70 aos 93 anos), embora sem diferença significativa, observou-se um discreto aumento nos valores absolutos das médias das vogais, que deve ser interpretado apenas como uma tendência. Esses resultados aproximam-se do estudo de Eichhorn *et al.* (2018) que reportaram ausência de diferenças significativas da f_0 entre mulheres a partir dos 60 anos, sugerindo um padrão de estabilização vocal do envelhecimento.

De forma similar, Tykalova *et al.* (2020) reportaram que, ocorreu um *plateau* nas décadas posteriores, aproximadamente a partir dos 60 anos. As autoras atribuem esse comportamento a alterações fisiológicas relacionadas à menopausa, como aumento da massa das pregas vocais, redução do tamanho dos músculos laríngeos, enrijecimento e possível ossificação das cartilagens laríngeas, além de espessamento das pregas vocais. Vorperian *et al.* (2023) também descreveram tendência de *plateau* nas décadas posteriores à meia-idade, estabilização da f_0 após a meia-idade. Em contraste, assim como neste estudo, Albuquerque *et al.* (2019) descreveram, com base em valores médios absolutos da f_0 , uma tendência de decréscimo a partir da faixa etária de 50 a 64 anos, seguida por um aumento em idades mais avançadas, sem reportar significância estatística para essas diferenças, situação também observada no estudo de Eichhorn (2018).

Neste estudo, os achados da f_0 , no sexo feminino, ao longo da vida, as crianças apresentaram médias significativas mais altas de f_0 do que todos os demais grupos etários (G2-G7) para as vogais [i] e [u], dependendo da consoante, e do que mulheres a partir da meia-idade (G5-G7) para a vogal [a], em ambas as consoantes, o que sugere estabilidade dessa vogal da infância à fase adulta (G1-G4). A maior queda nas médias ocorreu entre as crianças e as adolescentes (G1-G2). Não houve diferenças significativas entre adolescentes e adultas jovens (G2-G3) para as vogais [a] [i] e [u], nem entre adultas jovens e adultas (G3-G4), indicando continuidade da estabilidade. Assim como as crianças, adolescentes e adultas jovens apresentaram médias significativas mais altas apenas que mulheres a partir dos 50 anos (G5-G7), e apenas

para as vogais [a] e [i]. As adultas não se diferenciaram das mulheres de meia-idade (G4-G5), reforçando o padrão de estabilidade, se diferenciando com médias mais altas que idosas e idosas de idade avançada (G6-G7), apenas para a vogal [a]. A partir da meia-idade (G5–G7), não foram observadas diferenças entre os grupos etários, evidenciando a estabilidade nas faixas etárias mais avançadas.

6.1.3.2 Sexo masculino

Considerando as crianças (5 a 7 anos), as diferenças médias significativas mais altas ocorreram na comparação com os demais grupos etários (G2-G7) para todas as vogais, em ambos os contextos consonantais. Observou-se ainda uma diminuição acentuada das médias entre as crianças e os adolescentes (Tabelas 20a, 20b, 21 e 22). Esses resultados corroboram o estudo de Lee, Potamianos e Narayanan (1999), que reportaram valores mais altos da f_0 para meninos, quando comparados a adolescentes e homens adultos com idade igual ou superior a 19 anos. Os autores ainda reportam que entre 12 e 15 anos observa-se uma redução de cerca de 78% na f_0 em relação as crianças. Na literatura, essa diminuição é associada às diferenças físicas no trato vocal da criança, de tamanho menor e mais curto (PETERSON e BARNEY, 1952), bem como às características anatomofisiológicas das pregas vocais, como forma, comprimento, presença de fenda triangular posterior e imaturidade do ligamento vocal (BEHLAU *et al.*, 2001).

A partir do adolescente (13 a 15 anos) não foram observadas diferenças significativas nas médias da f_0 entre os grupos etários subsequentes (G3-G7), sugerindo estabilidade da frequência fundamental dos 13 aos 93 anos (G2-G7) (Tabelas 20a, 20b, 23 a 28). Esses resultados estão em consonância com o reportado por Lee, Potamianos e Narayanan (1999), ao relatarem que o período de maior mudança da f_0 nos meninos é observado entre 12 e 15 anos, e que após esse período não se observam mudanças significativas. Esses resultados também corroboram com o estudo de Eichhorn *et al.* (2018), que não observaram diferenças significativas entre homens de 20 a 30 anos na comparação com homens de 40 a 60 anos e 70 anos ou mais. Por outro lado, concordam parcialmente com o estudo de Albuquerque *et al.* (2019), que reportou diminuição da f_0 até a faixa etária dos 50 a 64 anos, e a partir desse ponto, aumento significativo, mais pronunciado no grupo ≥ 80 anos, o que é atribuído a fatores como atrofia muscular e aumento da rigidez das pregas vocais com o envelhecimento.

Neste estudo, a trajetória da f_0 no sexo masculino mostrou que, ao longo da vida, as crianças apresentaram médias significativas mais altas que os demais grupos etários (G2-G7) para as vogais [a], [i] e [u], em ambos os contextos consonantais. Entre crianças e adolescentes observou-se uma queda acentuada das médias e, a partir da adolescência não ocorreram diferenças significativas entre os grupos subsequentes, sugerindo estabilidade no sexo masculino do 13 aos 93 anos (G2-G7).

6.1.4 Interação do sexo em cada grupo etário sobre a f_0

Estudos prévios indicaram valores semelhantes da f_0 das vogais orais em tarefas de fala natural entre crianças de ambos os sexos (CARTEI *et al.*, 2013; SILVA e SOUZA, 2020), com diferenças emergindo por volta dos 12 anos (LEE, POTAMIANOS e NARAYANAN, 1999). Não há evidências claras de dimorfismo sexual na f_0 , antes dos 10 ou 11 anos, sendo esperada uma diferenciação após os 14 anos, marcada por uma queda acentuada nos meninos (KENT e VORPERIAN, 2018). No entanto, segundo Vorperian *et al.* (2019), as diferenças entre os sexos surgem aos 7 anos, com diminuição gradual e constante da f_0 em meninos a partir dessa idade, enquanto as meninas mantêm valores estáveis nesse período.

No grupo de crianças (5 a 7 anos), considerando o *post-hoc* de Tukey para interação do sexo, observou-se que a f_0 , de todas as vogais orais, em ambos os contextos consonantais, não sofrem influência significativa do sexo biológico (Tabelas 20 e 30). Esses resultados também foram reportados por Busby e Plant (1995), em crianças de 5 a 11 anos, e por Lee, Potamianos e Narayanan (1999) e Yoon e Ha (2022) para crianças até os 7 anos, referindo estabilidade nos valores de f_0 entre os sexos até esta idade. Já, Cartei *et al.* (2013) referiram semelhança acústica, em torno de 249Hz, na voz habitual de meninos e meninas entre 6 e 9 anos, valor semelhante aos encontrados neste estudo para a vogal [a]. No português brasileiro, Viegas *et al.* (2010) não identificaram diferenças significativas entre meninos e meninas na f_0 de vogais orais [a] e [i] em crianças típicas brasileiras na faixa de 5 a 10 anos. Da mesma forma, Souza e Silva (2020) não observaram diferenças significativas entre 8 e 12 anos. Esses dados, em conjunto, sugerem que as diferenças anatomofisiológicas relacionadas ao sexo biológico geram impacto reduzido sobre a f_0 . Indicam que a f_0 em crianças nessa faixa etária tende a ser consistente, independentemente do sexo biológico.

No grupo de adolescentes (13 a 15 anos), diferentemente das crianças, observou-se que o sexo foi fator de diferenciação ($p < 0,001$) nos valores médios de f_0 de todas as vogais, com valores significativos mais elevados para o sexo feminino. As diferenças entre o sexo feminino e masculino foram: [a] ([p]:85,7Hz; [l]:86,4Hz); [i] ([p]:90,7Hz; [l]:87Hz) e [u] ([p]:94,8Hz; [l]:86,5Hz) (Tabelas 20 e 30). Esses achados corroboram Viegas (2018), que observou que as adolescentes do sexo feminino mantêm valores mais altos de f_0 em comparação aos do sexo masculino, que apresentaram uma queda significativa, atribuída ao crescimento laríngeo durante a puberdade. Também estão em consonância com Lee, Potamianos e Narayanan (1999), que reportaram uma queda abrupta da f_0 na adolescência, em meninos entre 12 e 14 anos, com trajetória de declínio mais acentuada no sexo masculino a partir dos 12 anos, enquanto o sexo feminino apresentou uma curva mais estável.

No grupo de adultos jovens (19 a 29 anos), o sexo foi fator significativo de diferenciação acústica da f_0 para todas as vogais desse estudo em ambos os contextos consonantais. Os valores médios de diferença entre mulheres e homens foram: [a] ([p]:92,7Hz; [l]:84,4Hz), [i] ([p]:99,3; [l]:89,4Hz), [u] ([p]:99,3Hz, [l]:83,1Hz) (Tabelas 20 e 30). Esses achados estão em consonância com o estudo de Eichhorn *et al.* (2018), que da mesma forma, reportaram diferenças significativas entre os sexos em adultos jovens de 20 a 30 anos. Segundo Vorperian e Kent (2007) e Vorperian *et al.*, (2019), após a puberdade, o dimorfismo sexual nas medidas acústicas se estabelece plenamente, atingindo seu ápice na vida adulta jovem.

No grupo de adultos (30 a 39 anos), o sexo se manteve como fator significativo de diferenciação acústica da f_0 para todas as vogais desse estudo em ambos os contextos consonantais. Os valores médios de diferença entre mulheres e homens foram: [a] ([p]:91,7Hz; [l]:87,0Hz), [i] ([p]:86,0; [l]:81,0Hz), [u] ([p]:87,3Hz, [l]:93,8Hz) (Tabelas 20 e 30). Esses resultados apresentam valores absolutos similares aos dos adultos jovens, corroborando que o dimorfismo sexual se estabelece plenamente na vida adulta (VORPERIAN e KENT, 2007; VORPERIAN *et al.*, 2019). Segundo Escudero *et al.* (2009), mulheres adultas apresentam valor médio de f_0 maior do que o de homens tanto para o português brasileiro como para o português europeu. Os autores sugerem que este comportamento vocal representa um padrão universal, com pouca influência cultural.

Nos adultos de meia-idade (50 a 59 anos), o sexo seguiu se mantendo como fator de diferenciação para f_0 em todas as vogais e contextos consonantais. Os valores médios de diferença entre mulheres e homens foram: [a] ([p]:68,3Hz; [l]:59,0Hz), [i] ([p]:67,0; [l]:70,7Hz), [u] ([p]:53,5Hz, [l]:61,0Hz) (Tabelas 20 e 30). Observou-se, contudo, uma redução da diferença entre os sexos nesta faixa etária. Esses achados estão em consonância com os estudos de Vorperian e Kent (2007), Medeiros (2002) e Viegas (2023), que reportaram que, embora o dimorfismo sexual persista, parâmetros acústicos, dentre os quais a f_0 , tendem a apresentar menor diferença entre os sexos. Uma possível explicação para essa diminuição diferenças pode decorrer de flutuações hormonais associadas à menopausa, bem como alterações musculares e cartilaginosas do trato vocal, que refletem em mudanças vocais (AMIR e BIRON-SHENTAL, 2004).

Entre os idosos (60 a 69 anos), o sexo continuou sendo um fator de diferenciação da f_0 em todas as vogais e contextos consonantais. Os valores médios de diferença entre mulheres e homens foram: [a] ([p]:43,5Hz; [l]:50,4Hz), [i] ([p]:46,0; [l]:56,0Hz), [u] ([p]:64,4Hz, [l]:55,8Hz) (Tabelas 20 e 30). Observou-se que o padrão de redução das diferenças entre os sexos se acentuou, com leve aumento da f_0 nos valores absolutos para homens e queda progressiva para mulheres. Segundo Vorperian *et al.* (2020), nem sempre essas diferenças apresentam significância estatística. Esses achados estão em consonância com a literatura, somam-se às evidências de reduções dos valores médios absolutos das diferenças entre os sexos, que podem refletir mudanças anatômicas características dessa faixa etária, como o encurtamento do trato vocal relacionado à postura, à perda de tonicidade muscular e alterações estruturais nos sistemas laríngeo e supralaríngeo (VORPERIAN e KENT, 2007; EICCHORN, 2017; MEDEIROS, 2021; VIEGAS, 2023).

No grupo idosos de idade avançada (70 a 93 anos), observou-se a manutenção da tendência de redução da diferenciação entre os sexos, especialmente no contexto das vogais [i] e [u]. Os valores médios de diferença entre mulheres e homens foram: [a] ([p]:60,8Hz; [l]:48,0Hz), [i] ([p]:54,7; [l]:69,4Hz), [u] ([p]:30,7Hz, [l]:63,1Hz) (Tabelas 20 e 30). Esses estão em consonância com Viegas (2023), que referiu ser recorrente a descrição de uma queda progressiva da f_0 em mulheres com o avanço da idade, atribuída a perda de massa muscular laríngea, rigidez e ossificação das cartilagens, além de alterações na vascularização e no controle motor da laringe (EICHHORN *et al.*,

2018; TYKALOVA *et al.* 2020), sendo referido que o envelhecimento vocal afeta os parâmetros acústicos, incluindo a f_0 (Viegas, 2023). No presente estudo observou-se ora um aumento significativo da f_0 , ora uma diminuição significativa, na diferença do valor médio entre mulheres e homens, dependendo da vogal e da consoante precedente, refletido nos valores médios. Esses achados sugerem que, na idade avançada, o dimorfismo vocal se mantém de forma significativa influenciando diretamente a fonte glótica, refletindo o processo natural de mudanças das estruturas laríngeas (EICHHORN *et al.*, 2018), tornando a f_0 um marcador acústico robusto de caracterização do processo de envelhecimento vocal.

6.2 Formantes F1, F2, F3

Para iniciar a discussão sobre os formantes, vale destacar que, no presente estudo, foram observadas diferenças significativas nos formantes F1, F2 e F3 das três vogais, em ambos os contextos consonantais, em função da idade e do sexo. Além disso, ocorreu interação significativa entre esses fatores em 12 medidas acústicas, com exceção de F1 [pi], F2 [la], F2 [pu] e [lu], e F3 [pa] e [la] (Tabela 5).

6.2.1. Efeito idade sobre F1, F2, F3

Estudos prévios reportaram um padrão geral de diminuição dos formantes da infância à idade adulta, para falantes do português brasileiro (BEHLAU, 1984) e do inglês americano (PETERSON e BARNEY, 1952; SCUKANEC, PETROSINO, SQUIBB, 1991; WHITESIDE e HODGSON, 2000; VORPERIAN *et al.*, 2019), com valores mais altos para o sexo feminino do que masculino (BEHLAU, 1984; WHITESIDE e HODGSON, 2000; VORPERIAN *et al.*, 2019). Essas mudanças são entendidas como indicadores acústicos dos efeitos da maturação do trato vocal com o aumento da idade. Por outro lado, da fase adulta ao envelhecimento, os formantes mudam pouco, o que é atribuído ao pequeno efeito do envelhecimento fisiológico nesses parâmetros acústicos ou a compensações dos indivíduos às mudanças anatomofisiológicas que ocorreram com o envelhecimento (EICHHORN *et al.*, 2018).

Neste estudo, era esperado que os formantes F1, F2 e F3, das vogais orais [a], [i] e [u], precedidas pelas consoantes [p] e [l], se diferenciasssem nas faixas etárias ao longo da vida, com mudanças mais acentuadas em crianças e idosos. Os resultados mostraram um padrão de diminuição nas médias dos formantes com o aumento da

idade, com variações não lineares ao longo da vida, dependendo da idade, do formante, da vogal e da consoante precedente (Tabelas 6 a10).

No grupo de crianças (5 a 7 anos), os resultados demonstraram efeito da idade, com diminuição consistente nos valores dos formantes F1, F2 e F3 na comparação com os demais grupos etários (G2-G7), excetuando-se o F2 da vogal [u] (Tabelas 6 a10). Nesse caso, não foram encontradas diferenças significativas entre crianças e adolescentes (G2), em ambas as consoantes, nem entre crianças e adultos jovens e adultos (G3-G4) quando a vogal [u] foi precedida de [p]. Em estudo anterior, observou-se tendência de diminuição progressiva em F1 a F4 com o avanço da idade, para as vogais /i/, /u/, /æ/, /ɑ/ produzidas por falantes típicos (grupo controle), com idades entre 4 e 92 anos, organizados em 5 faixas etárias: 3;6 anos a 7;11 anos, 8;0 anos a 10;2 anos, 10;3 anos a 14;5 anos, 14;6 anos a 19;11 anos, e ≥ 20 anos (VORPERIAN *et al.*, 2023), refletindo o crescimento anatômico e a maturação fisiológica do trato vocal e da laringe. A diminuição dos formantes da infância à idade adulta, corrobora achados anteriores em falantes do português brasileiro, nos quais crianças apresentaram valores de formantes mais elevados que adultos (BEHLAU, 1984).

Resultados semelhantes foram encontrados em estudos com falantes do inglês americano, que relataram uma queda contínua nos valores dos formantes de falantes típicos ao longo do desenvolvimento (PETERSON e BARNEY, 1952; SCUKANEC, PETROSINO, SQUIBB, 1991; LEE, POTAMIANOS, NARAYANAN, 1999; WHITESIDE e HODGSON, 2000; VORPERIAN *et al.*, 2019). A principal explicação para essa diferença é a anatomia e geometria relativa do trato vocal (VORPERIAN e KENT, 2007), o tamanho reduzido do trato vocal infantil, o que favorece frequências mais altas (PETERSON e BARNEY, 1952). Fant (1966) argumenta que tais diferenças não decorrem apenas do crescimento anatômico, mas também de variações no trato vocal. Considerando que o F1 se relaciona à cavidade posterior e o F2 à cavidade anterior, as diferenças entre crianças e adultos sugerem que a ressonância de F2 é mais afetada pela cavidade anterior. Os valores elevados de F2 nas crianças indicam uma cavidade anterior proporcionalmente menor nesse grupo (SCUKANEC, PETROSINO, SQUIBB, 1991).

Entre crianças (5 a 7 anos) e adolescentes (G2) observou-se a queda mais acentuada nos valores de formantes (Tabelas 6 a10). Segundo Vorperian *et al.* (2023),

durante a puberdade, espera-se uma diminuição acentuada das frequências, especialmente em meninos, devido ao alongamento do trato vocal e ao aumento do tamanho da laringe. Essa queda foi observada nas vogais [a] (central e baixa) e [i] (anterior e alta) produzidas por falantes do português brasileiro, enquanto essa redução não foi observada para a vogal [u]. Em pesquisa anterior, Vorperian *et al.* (2019) constataram que F1 e F2 da vogal [u] variaram pouco com o aumento da idade, ao analisar falantes americanos entre 4 e 20 anos.

Contudo, esses autores apontam que quedas abruptas nos formantes foram pouco observadas, dado que o padrão geral foi uma diminuição de valores menos acentuada. Cabe ressaltar que Vorperian *et al.* (2019) analisaram as trajetórias de formantes por idades, enquanto este estudo analisou os formantes por grupos etários. As informações provenientes do estudo de revisão de Vorperian e Kent (2007) se assemelham aos achados deste estudo, uma vez que os autores verificaram que as mudanças nos formantes não ocorrem de forma linear em relação à idade cronológica, observando uma queda abrupta, um "*salto*", nos formantes F1 e F2 das vogais em certas idades. Os autores comentam que aumentos abruptos no comprimento do trato vocal causam diminuições abruptas nas frequências de formantes e, portanto, uma queda refletida no espaço acústico das vogais. Esses aumentos abruptos no comprimento do trato vocal estariam relacionados a descida primária e secundária da laringe durante a infância e a adolescência.

Neste estudo, adolescentes (13 a 15 anos) apresentaram valores de formantes significativamente mais altos do que grupos etários subsequentes, porém com variações nos achados (Tabelas 6 a 10). Os adolescentes apresentaram valores significativamente mais altos do que os adultos jovens e adultos (19-39 anos) apenas para F1 da vogal [i], precedida de [p] e F2 da vogal [u], em ambas as consoantes. Uma única exceção ocorreu para a vogal [a], em que adolescentes apresentaram médias significativamente mais baixas que adultos jovens e adultos (G3-G4) quando essa vogal foi precedida de [l]. As demais médias significativas, com valores mais altos, ocorreram na comparação com grupos etários mais velhos (G5-G7), dependendo do formante, da vogal e da consoante precedente (Tabelas 6 a 10).

Ao considerar os grupos etários mais velhos (G5-G7), observou-se médias significativamente mais altas dos adolescentes na comparação com adultos de meia-

idade (50-59 anos) para F1 e F2 da vogal [i] precedida por [p], bem como para F2 da vogal [u] em ambas as consoantes. No caso de F3, os valores médios significativos mais altos foram observados nas vogais [a] e [i] em ambas as consoantes, e na vogal [u] precedida por [p].

Comparando-se com idosos (60-69 anos), os adolescentes mostraram valores médios significativamente mais altos de F1 nas vogais [i] precedida por [p], e na vogal [u] em ambas as consoantes, além de valores mais altos de F2 da vogal [a] precedida por [p], e das vogais [i] e [u] em ambas as consoantes, e valores mais altos de F3 da vogal [a] precedida por [p], e das vogais [i] e [u] em ambas as consoantes.

Em comparação com os idosos de idade avançada (70-93 anos), os adolescentes também apresentaram valores significativamente mais altos de F1 da vogal [i] precedida por [p], F1 da vogal [u] em ambas as consoantes, e F2 de ambas as vogais e consoantes. Além disso, observaram-se valores médios significativamente mais altos de F3 para a vogal [i] em ambas as consoantes.

Conjuntamente, esses achados indicam que as vogais altas [i] (anterior e alta) e [u] (posterior e alta) refletiram a diminuição dos formantes F1 e F2, principalmente na comparação do grupo de adolescentes com os grupos etários de adultos de meia idade, idosos e idosos de idade avançada. Já em F3, ao comparar o grupo de adolescentes com grupos etários subsequentes, observou-se uma diminuição em relação a: (a) adultos de meia idade em todas as vogais e contextos consonantais, com apenas uma exceção: [u] precedido de [l] e (b) idosos em todas as vogais e contextos consonantais, com apenas uma exceção: [a] precedida de [l]. Embora tenha sido observada um padrão de diminuição nos formantes entre o grupo de adolescentes e adultos a partir da meia idade, nota-se que esse padrão foi menos consistente que o observado para o grupo de crianças.

Os adultos jovens (19-29 anos), quando comparados ao grupo de adultos (G4), não apresentaram diferenças estatisticamente significativas, indicando estabilidade acústica entre 19 e 39 anos (G3-G4). Quando comparados com o grupo de meia idade (50-59 anos), apresentaram valores médios significativamente mais altos de F2 para a vogal [i] precedida de [p]. Quando comparados com os idosos (G6), os adultos jovens exibiram valores significativamente mais altos de F2 para a vogal [i], tanto precedida de [p]

quanto de [i]. Também apresentaram valores médios significativamente mais altos de F1 para a vogal [a] precedida por [l], e para a vogal [u] em ambas as consoantes (Tabelas 6 a 10). Quando comparados aos idosos com idade mais avançada (G7), o grupo de adultos jovens manteve a diferença significativa em F1 para a vogal [u] e em F2 para a vogal [i], em ambos os contextos consonantais (Tabelas 6 a 10). Observa-se, portanto, que em relação à adultos idosos e idosos com idade mais avançada, os adultos jovens apresentaram valores mais altos em F1 para as vogais [a] e [u], e em F2 apenas para a vogal [i], com variações dependentes do contexto consonantal.

Destaca-se que a estabilidade nos valores dos formantes observada entre os grupos de adultos jovens e adultos (G3-G4) não se manteve nos grupos subsequentes (G5-G7). Entre o grupo de adultos jovens e o grupo de adultos de meia idade (G5) é observada apenas uma diferença significativa relacionada a F2, enquanto entre o grupo de adultos jovens e os grupos de idosos e idosos de idade avançada (G6-G7) são observadas mais de quatro diferenças significativas relacionadas a F1 e F2.

Assim como neste estudo, para falantes do checo, também foi observada uma diminuição de F2 ao comparar adultos jovens (20-29 anos) com grupos etários de 50-59 anos, 60-69 anos e 70-89 anos (Tykalova *et al.*, 2020). No entanto, essa diminuição foi observada para as vogais [a] e [u], enquanto neste estudo, a diferença foi observada para a vogal [i]. Os achados do presente estudo também corroboram Eichhorn *et al.* (2018) nas comparações de F1 e F2 de adultos jovens em relação a idosos de idade mais avançada (G7). Os autores encontraram valores mais altos de F1 de /u/ e /æ/ e F2 de /i/ para o sexo feminino e valores mais altos de F2 de /u/ e F3 de /æ/ para o sexo masculino. No presente estudo, considerando os dois sexos, adultos jovens (G3) apresentaram valores mais altos do que idosos e idosos de idade avançada (G6-G7) em F1 para as vogais [a] e [u], e em F2 apenas para a vogal [i], com variações dependentes do contexto consonantal.

Considerando adultos de 40 a 60 anos e idosos com mais de 70 anos, em comparação com adultos jovens, Eichhorn *et al.* (2018) encontraram redução consistente somente para F1 de /u/ e /æ/ em mulheres e F2 de /u/ em ambos os sexos. No presente estudo, a redução consistente foi observada para F1 de [u] e F2 de [i] para ambas as consoantes e ambos os sexos.

De forma geral, Eichhorn *et al.* (2018) argumentam que as frequências formantes das vogais do quadrilátero vocálico do inglês sofrem poucas mudanças ao longo de várias décadas da vida adulta, possivelmente porque o envelhecimento fisiológico exerce impacto limitado sobre essas variáveis, ou porque os indivíduos são capazes de compensar, articulatoriamente, as alterações anatômicas e fisiológicas associadas à idade. Similarmente, neste estudo, as diferenças entre os grupos de adultos jovens e idades subsequentes, quando presentes, foram somente relacionadas a F1 e F2, com variações entre as vogais e consoantes precedentes.

Eichhorn *et al.* (2018) observaram que F3 e F4 permaneceram essencialmente sem mudanças ao comparar jovens com adultos de idade superiores (40-60 anos ou mais de 70 anos). Com base nesses achados, os autores argumentam que a ausência de efeito do envelhecimento sobre os formantes mais altos sustenta a hipótese de que as mudanças observadas em F1 e F2 refletem ajustes articulatórios específicos, e não processos generalizados, como o alongamento do trato vocal. Como dito anteriormente, os autores comentam que as alterações fisiológicas relacionadas à idade parecem exercer um impacto limitado sobre os formantes, ou ainda, podem ser compensadas por ajustes articulatórios. O presente estudo corrobora com os de Eichhorn *et al.* (2018), uma vez que não foi observada diminuição em F3, ao comparar adultos jovens e idades subsequentes.

Leung *et al.* (2022) examinaram os efeitos do sexo, idade do falante, localização geográfica e qualidade das vogais do inglês australiano, produzidas por homens e mulheres de quatro grupos etários (18–29, 30–39, 40–49 e 50–60 anos), utilizando regressão linear de efeitos mistos. Os autores observaram que essas variáveis foram preditores significativos dos três primeiros formantes; no entanto, o tamanho do efeito associado à idade do falante foi pequeno. Os autores destacam que, embora estatisticamente significativas, essas variações são muito sutis e provavelmente não perceptíveis. Segundo os autores, essas variações nas frequências dos formantes observadas em seu estudo refletem, provavelmente, mudanças articulatórias, e não alterações no tamanho do trato vocal. Isso sugere que as diferenças identificadas ao longo da vida adulta podem estar relacionadas à forma como os falantes articulam as vogais do que a transformações anatômicas. Os autores observam que esse resultado não é inesperado, uma vez que o crescimento da laringe se completa no final da puberdade. Ainda de acordo com os autores, embora a idade seja uma variável

fisiológica tradicionalmente associada a mudanças no comprimento do trato vocal, seus achados não sustentam essa explicação. Ao contrário, indicam que ajustes articulatórios podem ser os principais responsáveis pelas variações observadas nos formantes em adultos.

Seguindo a análise por grupos etários, neste estudo, os dados referentes ao grupo de adultos (30 a 39 anos) também foram analisados em comparação às faixas etárias subsequentes (G5-G7). Quando comparados com adultos de meia idade (G5), o grupo de adultos apresentou valores significativamente mais altos de F2 para as vogais [i] e [u] precedida de [p]. F3 foi mais elevado, porém somente para a vogal [a] precedida de [l] e vogal [i] precedido de [p] (Tabelas 6 a 10). Quando comparado aos grupos etários de idosos (G6) e idosos de idade avançada (G7), os adultos apresentaram diferenças significativas em F1, F2 e F3 em contextos específicos.

Em F1, exibiram valores significativamente mais altos apenas em relação a idosos de idade avançada (G7) para a vogal [u] precedida de [p]. Em F2, apresentaram valores significativamente mais altos do que idosos (G6) para a vogal [i] precedida de [l]; em comparação com os que idosos de idade avançada (G7), para ambas as consoantes; e, ainda, em relação a ambos os grupos de idosos (G6-G7), para a vogal [u] precedida por [p]. Em F3, os adultos apresentaram valores significativamente mais altos do que idosos (G6) para vogal [i] precedida de [l] e, também, mais altos do que os idosos de idade avançada (G7), para essa mesma vogal, em ambas as consoantes (Tabelas 6 a 10).

Assim, observou-se que a diminuição nos formantes entre adultos e idades subsequentes (G5-G7) ocorreu em F2 [i], [u] e somente em F1 [u] e F3 [i]. Conjuntamente, os achados no grupo de adultos indicam que a redução nos formantes não foi uniforme em todas as vogais, com variações de acordo com a consoante precedente.

Os adultos de meia-idade (50-59 anos) quando comparados aos idosos (G6) não apresentaram diferenças significativas nos valores dos formantes, indicando período de estabilidade acústica. Também não foram observadas diferenças significativas em F1 e F2 para as vogais [a] e [i], bem como em F3 para a vogal [u] entre adultos de meia idade e idosos de idade avançada (G7). Diferenças significativas foram identificadas apenas na comparação com idosos de idade avançada para F3 das vogais [a] e [i], dependendo da consoante precedente (Tabelas 6 a 10).

Por fim, neste estudo, considerando a comparação entre o grupo de idosos (60 a 69 anos) e idosos de idade avançada (70 a 93 anos), não foram observadas diferenças significativas, indicando que a estabilidade dos padrões acústicos se mantém a partir dos 50 anos (Tabelas 6 a 10). Segundo Eichhorn *et al.* (2018), os formantes mudam pouco ou quase nada ao longo das últimas décadas da vida adulta, seja por efeitos sutis do envelhecimento fisiológico ou por compensações individuais.

Embora este estudo não tenha indicado um padrão consistente de diminuição de valores de formantes no processo de envelhecimento, quando observadas, as diferenças dos valores dos formantes foram majoritariamente as vogais altas [i] e [u].

6.2.2. Efeito do sexo sobre os formantes F1, F2, F3

Neste estudo, era esperado um efeito significativo do sexo em relação aos formantes das vogais [a], [i] e [u], com valores mais altos para o sexo feminino em todos os grupos etários. Os resultados confirmaram essa hipótese. As maiores diferenças entre os sexos feminino e masculino ocorreram nas médias das vogais [i] e [u], especificamente, em F2 de [i] e F3 de [u], enquanto as menores diferenças foram observadas em F1 de [a] e [u] (Tabela 11 e Figuras 24 e 25). Esses resultados corroboram Vorperian *et al.* (2019) que observaram que os valores de F1-F4 diminuem da infância a idade adulta, especialmente em homens que tendem a apresentar valores de formantes mais baixos do que mulheres.

Também corroboram os achados de Whiteside e Hodgson (2001) que observaram diferenças entre os sexos nos valores dos formantes em crianças (6 anos, 8 anos, 10 anos) e em adultos, com valores dos formantes mais baixos para o sexo masculino, o que foi atribuído ao maior tamanho do trato vocal nos homens. Segundo esses autores, o dimorfismo sexual parece emergir por volta dos 8 anos. Em seu estudo de revisão, Vorperian e Kent (2007) comentam que por volta dos 8 anos os meninos apresentam valores de formantes mais baixos do que meninas para todas as vogais, no entanto, as diferenças entre os sexos não são uniformes entre os formantes. Os autores comentam que a natureza da diferença nos valores dos formantes antes da puberdade não é clara, sendo necessário levar em conta tanto fatores biológicos quanto socioculturais.

Diferenças nos formantes das vogais orais entre os sexos de adultos e idosos (35-49 anos, 50-64 anos, 65-79 anos e mais de 80 anos) também foram reportadas, com mulheres apresentando valores mais altos, independentemente da faixa etária (ALBUQUERQUE *et al.*, 2019).

Para o português brasileiro, o estudo de Sviceró (2012) destacou o terceiro formante (F3) como o mais relevante para a diferenciação entre os sexos, refletindo as diferentes configurações do trato vocal. Behlau (1984) reportou diferenças sistemáticas entre mulheres e homens nos valores de F1-F3, com valores mais altos nas mulheres. Viegas *et al.* (2019) também observaram valores mais elevados de F1 e F2 em mulheres para diversas vogais orais, reforçando que essas diferenças são robustas e consistentes, mesmo em tarefas de fala natural.

6.2.3 Interação idade e sexo para F1, F2, F3

6.2.3.1 Sexo feminino

Nesse estudo, das 18 medidas acústicas dos formantes analisadas, em razão dos diferentes contextos consonantais, observou-se interação em 12 dessas medidas. As exceções foram F1 [i] no contexto de [p], F2 [a] no contexto de [l], F2 [u] e F3 [a], ambas nos dois contextos consonantais.

Para o sexo feminino, observou-se uma tendência geral de diminuição das frequências dos formantes das vogais com o avanço da idade, especialmente entre a infância e a adolescência. A partir dessa fase, as reduções ocorreram de forma mais gradual e específica, variando conforme a vogal, o formante e a consoante precedente (Tabelas 12a, 12b).

Neste estudo, entre as medidas analisadas, as crianças (G1) do sexo feminino apresentaram médias significativamente mais altas do que todos os demais grupos etários (G2–G7) em F1 para as vogais [i] e [u], em F2 para a vogal [a], e em F3 para vogal [u], em ambas as consoantes; e ainda em F3 da vogal [i] quando precedida de [p]. As demais diferenças significativas observadas nas crianças variaram conforme o grupo etário, a vogal e a consoante precedente. A maior queda dos formantes foi observada entre as crianças e as adolescentes (G1–G2).

A partir da adolescência não foram observadas diferenças significativas para F1, F2 e F3 em relação às adultas jovens e adultas (G3-G4), com exceção de F1 da vogal [a] precedida de [l], em que as adolescentes apresentaram médias significativamente mais baixas. Não foram encontradas diferenças para F1 da vogal [i], sugerindo estabilidade deste parâmetro acústico a partir dos 13 anos.

As adolescentes, adultas jovens e adultas (G2-G4) apresentaram médias significativamente mais altas do que mulheres a partir dos 50 anos (G5-G7), especialmente para F2-F3 da vogal [i] e F1-F3 da vogal [u]. Observaram-se diferenças significativas desses grupos (G2-G4) na comparação com: (a) adultas de meia-idade (G5), para F2 da vogal [i] precedida de [p]; (b) idosas e idosas de idade avançada (G6-G7), para F1 da vogal [u], precedida de [p], F3 da vogal [i] precedida de [l], e F2 da vogal [i] em ambas as consoantes.

As demais diferenças observadas ocorreram com variações entre: (a) adolescentes (G2), em relação às adultas de meia-idade (G5), para F3 da vogal [i], e às idosas e idosas de idade avançada (G6-G7), para F3 das vogais [i] e [u] precedidas de [p]; (b) adultas jovens (G3) e adultas de meia-idade e idosas (G5-G6), dependendo da consoante precedente; e (c) adultas (G4) e mulheres a partir dos 50 anos (G5-G7), para F3 da vogal [i], e idosas (G6), para F3 [u], ambas precedidas de [p], bem como para F1 da vogal [a] em ambas as consoantes. Em ambos os casos, observou-se apenas um padrão decrescente na média dos formantes.

Já as mulheres de meia-idade (G5) não se diferenciaram de idosas (G6), indicando estabilidade entre 50 e 69 anos. A única diferença significativa ocorreu em relação às idosas de idade avançada (G7), para F2 [i] precedida de [l]. Por fim, os grupos de idosas (G6) e idosas de idade avançada (G7) não apresentaram diferenças significativas entre si, sugerindo estabilidade dos 70 aos 93 anos (Tabelas 12a, 12b e 13 a 19).

Segundo a literatura, no sexo feminino, observa-se que meninas apresentam valores de formantes mais alto em comparação com adultas, em todas as vogais, o que é atribuído principalmente às diferenças anatômicas, como o comprimento mais curto do trato vocal infantil, que eleva as frequências de ressonância, e além disso, as dimensões físicas do trato vocal impõem limitações ao alcance dinâmico dos formantes,

especialmente em F1 nas crianças (LEE, POTAMIANOS e NARAYANAN, 1999).

As crianças, neste estudo, também apresentaram médias significativamente mais altas em comparação com mulheres a partir dos 50 anos. Vorperian *et al.* (2023) reportaram que meninas de 5 a 7,11 anos, com desenvolvimento típico, exibiram valores mais altos de F1-F2 para as vogais, na comparação com mulheres adultas e mais velhas, salientando que há uma tendência de queda progressiva nos valores dos formantes com o avanço da idade, corroborando os dados do presente estudo. Esses achados também podem refletir as mudanças estruturais não lineares que ocorrem a partir da meia-idade, como o encurtamento da faringe, alterações nas cavidades supraglóticas e o aumento da rigidez das paredes, o que modifica os padrões de ressonância de forma não progressiva, conforme descrito por Kent e Vorperian (2018).

Adicionalmente, Scukanec, Petrosino e Squibb (1991), ao compararem meninas de 4,7 anos com mulheres adultas de 19 a 22 anos e idosas 62 a 77 anos, evidenciaram essa tendência, ao referirem que as meninas apresentaram valores significativamente mais altos de F2 para todas as vogais analisadas, e de F1 para a vogal [u], sugerindo que essa diferença está presente mesmo em idades infantis mais precoces. No presente estudo, as meninas (G1) apresentaram médias significativamente mais altas que os demais grupos etários (13 a 93 anos) de F1 para as vogais [i] e [u], de F2 para a vogal [a], e de F3 para a vogal [u] em ambos os contextos consonantais, além de F3 mais alto para a vogal [i] precedida de [p], e ainda diferenças que variaram conforme o grupo etário, a vogal e a consoante precedente. Embora no presente estudo não tenham sido observadas médias mais altas de F2 em todas as vogais, os achados estão parcialmente em consonância com os resultados de Scukanec, Petrosino e Squibb (1991).

Considerando a queda abrupta observada no presente estudo entre as meninas e as adolescentes, Lee, Potamianos e Narayanan (1999) relatam que, durante o desenvolvimento, ocorre uma redução progressiva nos valores de F1, F2 e F3, com uma queda acentuada entre a infância e a adolescência, referida como "*jump*", associada às mudanças rápidas e não lineares da configuração do trato vocal nesse período. Vorperian e Kent (2007) também descrevem esse salto nos formantes das vogais entre a infância e a adolescência como uma característica do desenvolvimento acústico da fala, reforçando a associação com o crescimento axial do trato vocal, o que

corroborar os achados do presente estudo.

Considerando as adolescentes em relação aos demais grupos, no presente estudo observaram-se médias significativamente mais altas e mais baixas das adolescentes em relação a grupos subsequentes. Segundo Lee, Potamianos e Narayanan (1999), os formantes na adolescência (14 a 15 anos) podem estar em fase de transição, apresentando *overshoot*, ou seja, valores comparativamente menores ou maiores do que os valores de adultos, antes que se estabilizem para os valores adultos, refletindo os ajustes rápidos e ainda instáveis das estruturas do trato vocal durante e após a adolescência, podendo justificar as médias mais baixas encontradas em relação as adolescentes (G2) e as adultas jovens e as adultas (G3-G4). Os autores referem que esse fenômeno pode estar associado ao processo de aprendizagem, ou pode refletir a natureza do desenvolvimento das funções fisiológicas que sustentam a articulação.

Por sua vez, as médias mais altas observadas nas adolescentes deste estudo em relação a mulheres a partir dos 50 anos, podem refletir as mudanças estruturais não lineares do trato vocal que ocorrem a partir da meia-idade, como referido anteriormente (KENT e VORPERIAN, 2018). Vorperian *et al.* (2023) observaram, entre mulheres com desenvolvimento típico, uma tendência geral de diminuição dos valores de F1 e F2 com o aumento da idade, desde a adolescência até a velhice, corroborando os achados do presente estudo.

Considerando Fant (1970), os valores mais baixos de F1 das adolescentes deste estudo podem refletir uma menor abertura da mandíbula, sugerindo um padrão articulatório mais restrito. Em contrapartida, os valores mais altos de F2 podem refletir uma maior anteriorização da língua das adolescentes em relação às mulheres dos grupos mais velhos. Considerando que F3 é geralmente associado à terceira característica das vogais, o arredondamento, que tende a reduzir seus valores (LADEFOGED e JOHNSON, 2011), as médias mais altas das vogais [i] e [u] verificadas nas adolescentes, em relação as mulheres mais velhas, sugerem diferenças na articulação labial. Nas adolescentes, sugere-se que a vogal [i] possa ser realizada com maior estiramento labial, enquanto a vogal [u] com menor protrusão labial.

Ao analisarmos as adultas jovens (G3), os achados observados neste estudo estão em consonância com Eichhorn *et al.* (2018), que reportaram valores mais altos

de F1 das vogais [i] e [u] em adultas de 20 e 30 anos, em comparação com mulheres de 40 a 60 anos. Especificamente para o F1 da vogal [i], os autores observaram uma diferença média de 34 Hz entre esses grupos, valor inferior ao encontrado no presente estudo (56,4 Hz), quando a vogal foi precedida de [l]. Já para o F1 da vogal [u], Eichhorn *et al.* (2018) reportaram uma diferença média de 51 Hz, o que corrobora os dados do presente estudo, que identificou uma diferença média de 51,4Hz para essa vogal quando precedida de [l]. Os autores também relataram valores mais altos de F2 para a vogal [u] e estabilidade em F3, achados que não foram observados no presente estudo.

Por sua vez, Tykalova *et al.* (2020) reportaram valores mais altos de F2 das vogais [a] e [u] para mulheres de 20 a 29 anos, falantes do idioma tcheco, em comparação com mulheres de 40 a 89 anos. Esses achados estão em consonância com as medidas acústicas reportadas, e parcialmente com as vogais analisadas, o que pode refletir variações linguísticas entre o português brasileiro e o inglês. Sugere-se ainda, que as adultas jovens (G3) podem realizar maior abertura mandibular e maior amplitude de movimentos, conforme descrito por Fant (1970), que mulheres mais velhas. Tykalova *et al.* (2020) acrescentam que, embora a precisão articulatória geral se mantenha com o envelhecimento, podem ocorrer ajustes sutis na configuração do trato vocal que impactam os formantes.

Ao consideramos as mulheres adultas (G4) em relação às mulheres mais velhas (G5-G6), observou-se neste estudo que, diferentemente do grupo de adultas jovens (G3), as adultas (G4) passaram a se diferenciar de idosas (G6) em F1 da vogal [a], para ambas as consoantes, e em F3 da vogal [u], quando precedida de [p]. Esses achados sugerem refletir os efeitos do envelhecimento que se intensificam a partir dos 65 anos, período em que as alterações anatômicas, como a ossificação das cartilagens e atrofia dos músculos intrínsecos da laringe, podem comprometer a eficiência biomecânica (BEHLAU *et al.*, 2001). Em contrapartida, também se observou que as adultas (G4) não se diferenciaram em F1 da vogal [i] das mulheres de meia-idade e idosas (G5-G6), mantendo a ausência de diferenciação também em relação às idosas de idade avançada (G7), o que sugere estabilidade do primeiro formante (F1) da vogal [i] a partir dos 30 anos.

Neste estudo, as mulheres mais velhas (G5-G7), observou-se que mulheres adultas de meia-idade (G5) somente apresentaram valores médios significativamente mais altos que mulheres idosas de idade avançada (G7), especificamente para F2 da vogal [i] precedida de [l], e que as mulheres idosas (G6) não se diferenciaram das mulheres de idade avançada (G7). Esses achados indicaram que dos 70 anos, se estendendo até os 93 anos, todos os formantes das vogais [a] [i] e [u], no sexo feminino, se estabilizaram, sugerindo estabilidade desses parâmetros acústicos ao longo da vida. Eicchorn *et al.* (2018), que referiram que os indivíduos podem compensar as mudanças anatomofisiológicas relacionadas à idade, ou que os formantes mudam pouco através das décadas da vida, uma vez as as porque as alterações fisiológicas do envelhecimento podem ter pouco efeito sobre essas variáveis, o que corrobora os achado do presente estudo.

Por fim, Vorperian *et al.* (2023) observaram uma tendência geral de diminuição dos valores das frequências de formantes nos grupos de mulheres adultas com o aumento da idade, sendo os menores valores de F1 e F2 observados nas mulheres típicas mais idosas (com idades entre 70 e 89 anos). No entanto, não relataram que esta diferença foi estatisticamente significativa entre os grupos. Os autores também reportaram que os valores de F3 permaneceram relativamente estáveis em todos os grupos etários, incluindo mulheres adultas típicas mais velhas. Esses achados corroboram o presente estudo, que observou estabilidade nos formantes das vogais a partir do 70 anos.

6.2.3.2 Sexo masculino

Conforme mencionado anteriormente, neste estudo, das 18 medidas acústicas dos formantes analisadas, em razão dos diferentes contextos consonantais, observou-se interação em 12 dessas medidas. As exceções foram F1 [i] no contexto de [p], F2 [a] no contexto de [l], F2 [u] e F3 [a], ambas nos dois contextos consonantais.

Para o sexo masculino, observou-se uma tendência geral de diminuição dos formantes para todas as vogais e contextos consonantais, com o avanço da idade (Tabelas 20a, 20b). Esses achados corroboram estudo anterior para falantes do inglês americano de 4-20 anos (VORPERIAN *et al.*, 2019) que observaram diminuição de F1-

F4 com o aumento da idade, particularmente para homens, com uma tendência geral dos formantes serem mais baixos em homens do que em mulheres.

Especificamente, as crianças (G1) do sexo masculino se diferenciaram significativamente de todos os grupos etários subsequentes (G2-G7), com F1, F2 e F3 seguindo um padrão decrescente. Houve uma queda abrupta entre a infância e a adolescência (G1-G2). A partir da adolescência (G2), não foram observadas diferenças significativas para F1, F2 e F3, com exceção de: (a) adolescentes (G2) que se diferenciaram significativamente de idosos de idade avançada (G7) para F3 da vogal [i] em ambas as consoantes; e (b) adultos e adultos de meia-idade (G4-G5) que se diferenciaram significativamente de idosos de idade avançada (G7) para o mesmo parâmetro acústico e vogal, quando precedida de [p]. Em ambos os casos, observou-se apenas um padrão decrescente do F3 da vogal [i]. Não foram observadas diferenças significativas em F1 e F2 para todas as vogais, tão pouco no F3 associado às vogais [a] e [u] (Tabelas 20a, 20b, 21 e 22). Observa-se, portanto, estabilidade de F1 e F2 a partir da adolescência no sexo masculino.

Segundo a literatura, no sexo masculino, observa-se uma redução progressiva e linear nas frequências de F1, F2 e F3 ao longo da infância e adolescência, atribuída ao crescimento axial uniforme do trato vocal masculino, especialmente evidente entre os 11 e 16 anos de idade. Esses dados evidenciam diferenças acústicas marcantes entre crianças e adultos do sexo masculino, associadas à maturação anatômica laríngea e vocal durante a puberdade (LEE, POTAMIANOS e NARAYANAN, 1999). A queda abrupta observada entre as crianças e os adolescentes, segundo Vorperian e Kent (2007), é explicada pelo *"jump"* que ocorre nos formantes das vogais, igualmente relacionada pelos autores às mudanças do trato vocal características desta fase de desenvolvimento. Lee, Potamianos e Narayanan (1999) referem que o surto de crescimento em homens ocorre dos 12 aos 15 anos, e que, a partir dessa idade, passam a ocorrer valores de formantes próximos aos dos adultos, o que corrobora os achados do presente estudo, que também não identificou diferenças significativas entre os grupos da adolescência até o idoso de 69 anos (G2-G6).

No que se refere especificamente ao F3 da vogal [i], as diferenças observadas entre a adolescência e a meia-idade (G2-G5), em comparação com os idosos de idade avançada (G7), podem refletir reduções nos movimentos articulatorios envolvidos na

produção dessa vogal, possivelmente relacionadas ao envelhecimento. Segundo Tykalova *et al.* (2020), a frequência do terceiro formante (F3) está principalmente associada à protrusão ou ao estiramento dos lábios. Os autores acrescentam que, embora a idade cause algumas modificações na produção da fala, a precisão articulatória tende a ser mantida, com ajustes sutis na configuração do trato vocal que impactam os formantes, o que reforça a hipótese do presente estudo de que os efeitos observados nos idosos de idade avançada (G7) derivam de alterações articulatórias específicas da senescência.

Neste sentido, os achados do presente estudo divergem parcialmente dos de Eichhorn *et al.* (2018), que não reportaram diferenças significativas entre adultos de 40 a 60 anos e idosos com mais de 70 anos. Neste estudo foram observadas diferenças significativas entre adultos de 30 a 59 anos (G4-G5) e idosos de idade avançada de 70 a 93 anos (G7), o que contrasta com os dados dos autores. Essa divergência pode estar relacionada a fatores como o idioma, não apenas devido a diferenças fisiológicas, mas também por causa das estruturas linguísticas e fonéticas inerentes a cada língua (TYKALOVA *et al.* 2020), ou ainda refletir possíveis reduções nos movimentos articulatórios em idosos de idade avançada, conforme discutido anteriormente.

Por outro lado, os achados deste estudo corroboram parcialmente os resultados de Eichhorn *et al.* (2018), uma vez que não foram observadas diferenças significativas entre os grupos de idosos e idosos de idade avançada (G6–G7) para nenhum dos parâmetros acústicos analisados. Esses dados sugerem estabilidade das medidas acústicas nas faixas etárias mais avançadas, o que está em consonância com a ausência de efeito significativo da idade reportada por Eichhorn *et al.* (2018) entre os adultos com mais de 70 anos.

6.2.4 Interação do sexo em cada grupo etário sobre F1, F2, F3

Whiteside e Hodgson (2000) não são uniformes entre mulheres e homens, variando conforme o formante e a vogal analisados. Segundo os autores, essa variabilidade reforça as diferenças entre os tratos vocais de ambos os sexos e contribui para explicar por que determinadas vogais ou parâmetros acústicos apresentam interação entre sexo e idade, enquanto outros não.

No grupo de crianças (5 a 7 anos), o sexo não foi fator de diferenciação entre menina e meninos, exceto em F1 [u] precedida de [l], em que as meninas apresentaram diferença média significativa mais alta, sendo a diferença de F1 [u]: 63,3 Hz. Esses achados concordam parcialmente com Viegas *et al.* (2010), que não observaram diferenças entre os sexos em crianças típicas brasileiras na faixa de 5 a 10 anos, sugerindo que os formantes das vogais são consistentes e homogêneos quanto ao sexo. A diferença encontrada sugere que as meninas realizam um maior abaixamento de mandíbula na emissão da vogal [u] que meninos, considerando a relação inversamente proporcional de F1 com abaixamento da mandíbula (FANT, 1970).

Na adolescência (13 a 15 anos) o sexo foi fator de diferenciação na maioria das medidas acústicas analisadas, com valores mais altos para o sexo feminino. As exceções ocorreram em F1[a] em ambas as consoantes, e F2-F3 da vogal [i] precedida de [p]. Esses achados estão em consonância Lee, Potamianos e Narayanan (1999), que descreveram a diminuição rápida dos formantes, com o crescimento total do trato vocal, mais proeminente no sexo masculino, indicando que estas mudanças ocorrem aproximadamente entre 10 a 15 anos, podendo haver variações.

Em adultos jovens (19 a 29 anos) o sexo foi fator significativo de diferenciação acústica em todas as medidas analisadas para todas as vogais e consoantes, com valores mais altos para o sexo feminino, exceto em F1 [u] precedido de [l], em que homens tiveram valor mais alto que mulheres. Os achados sugerem que essa faixa etária possa representar um marco do desenvolvimento, caracterizado pelo período de maior diferenciação sexual nos parâmetros acústicos analisados, em que os efeitos do dimorfismo se manifestam de forma expressiva, consistente e estável. Esses achados então alinhados com a literatura com estudos que referiram que, de forma consistente, após a puberdade as transformações anatômicas do trato vocal e da laringe, como o alongamento do trato vocal no sexo masculino, acentuam as diferenças acústicas entre os sexos, (FANT, 1960; KENT e READ, 2002; VORPERIAN e KENT, 2007; VORPERIAN *et al.*, 2019), com mulheres adultas apresentando valores mais elevados que homens (BEHLAU, 1984). Ainda, segundo Viegas (2023), na fase adulta jovem, essas diferenças estão não apenas bem definidas, mas também relativamente estáveis, antecedendo as atenuações progressivas relacionadas ao envelhecimento vocal.

No grupo de adultos (30 a 39 anos), observou-se a manutenção da diferença entre os sexos, com valores mais altos para o sexo feminino. Uma única exceção ocorreu em F3 [i] para ambas as consoantes. Sugere-se que esse resultado possa estar associado às características articulatórias dessa vogal, que envolve uma constrição na região anterior da cavidade oral, se elevando e avançando em direção aos alvéolos, conforme descrito por Seara, Nunes e Lazzarotto-Volcão (2011). Neste sentido, Fant (1960) e Kent e Read (2002) referiram que o formante F3 é influenciado por fatores como o posicionamento da ponta da língua e a configuração dos lábios, características articulatórias que podem reduzir a sensibilidade de F3, podendo ser uma hipótese explicativa para a ausência de diferença significativa observada entre os sexos nesta vogal, sugerindo que existe uma homogeneidade entre os sexos na produção articulatória desta vogal.

Nos adultos de meia-idade (50 a 59 anos), o sexo seguiu como fator de diferenciação em todos os formantes, a depender da vogal e da consoante precedente. As exceções ocorreram em F1 [a] e F2 [i] precedidos de [p], e em F3 [i] para ambas as consoantes. Esses resultados sugerem que, a partir da meia-idade, começa a haver uma redução gradual da diferença entre os sexos em parâmetros mais sensíveis à configuração da língua anterior e ao grau de abertura mandibular, especialmente na produção das vogais [i], que exige posicionamento anterior da língua e elevação da mandíbula. Os dados são corroborados pelas discussões prévias de Vorperian e Kent (2007), Vorperian *et al.* (2019), Medeiros (2021) e Viegas (2023) sobre os efeitos do envelhecimento vocal, destacando que, apesar de o dimorfismo sexual persistir na vida adulta, alguns parâmetros acústicos começam a apresentar menor magnitude de diferença entre os sexos, sobretudo aqueles mais sensíveis aos ajustes articulatorios finos.

Entre os idosos (60 a 69 anos), embora o sexo tenha sido fator de diferenciação para a maioria dos formantes e vogais do estudo, ocorre um aumento nas exceções de valores de medidas acústicas indicadoras dessa diferenciação, incluindo F1 da vogal [a], agora para ambas as consoantes, e F1 de [i] precedente de [l], mantendo-se também as exceções observadas aos 50 anos para os formantes F2 de [i] precedido de [p] e F3 de [i] em ambas as consoantes. Esse comportamento reforça que há uma reorganização do movimento articulatorio acompanhada por mudanças anatômicas dessa faixa etária, como o encurtamento do trato vocal devido à postura, à perda de

tonicidade muscular e às alterações estruturais do sistema laríngeo e supralaríngeo (VORPERIAN e KENT, 2007; MEDEIROS, 2021; VIEGAS, 2023), especialmente nas vogais anteriores, que exigem maior precisão articulatória que, como consequência, intensificam os efeitos do sexo sobre os formantes, que se tornam progressivamente menos pronunciados. (VORPERIAN *et al.*, 2019; SOARES, 2009; VIEGAS, 2023).

No grupo de idosos de idade avançada (70-93 anos), observa-se a manutenção da tendência de redução da diferenciação entre os sexos, especialmente em parâmetros relacionados às vogais [i] e [u], bem como naqueles mais sensíveis à abertura mandibular, como F1 da vogal [a] ([p] e [l]) e F1 de [u] ([l]). Além disso, não foram observadas diferenças significativas entre os sexos para F2 de [i] em ambas as consoantes, e F3 de [i] e [u] precedido por ([p]).

As reduções das diferenças entre os sexos observadas neste grupo, além das relacionadas a faixa de 60 anos, podem ser explicadas por alterações estruturais e hormonais mais marcadas no processo de senescência, especialmente em mulheres, com repercussões diretas sobre a musculatura laríngea e articulatória (SOARES, 2009; EICHHORN *et al.*, 2018). As flutuações hormonais pós-menopausas, como a redução de estrógeno e progesterona, podem provocar edema e mudanças nas cavidades ressonantes, impactando de modo específico os formantes (EICHHORN *et al.*, 2018; ALBUQUERQUE, 2019).

Além disso, como apontado por Vorperian *et al.* (2019) e Viegas (2023), o envelhecimento vocal afeta de maneira diferenciada os parâmetros acústicos, especialmente F1 e F3, que são mais suscetíveis à variação articulatória e estrutural.

7 CONCLUSÃO

Este estudo analisou a frequência fundamental (f_0) e os formantes F1, F2 e F3 das vogais orais [a], [i] e [u] do português brasileiro, de 5 a 93 anos, em contexto de fala, estabelecendo valores de referência para ambos os sexos ao longo da vida.

Além disso, investigou-se a influência da idade, do sexo e da interação entre esses fatores sobre as medidas acústicas. Os resultados mostraram que idade e sexo influenciam a maior parte das medidas, embora o efeito varie conforme a vogal, o formante e a consoante precedente. As crianças apresentaram valores mais altos de f_0 e formantes em comparação à todos os demais grupos etários, com queda acentuada na transição para a adolescência. Identificaram-se períodos de estabilidade entre 19 e 39 anos, entre 50 e 69 anos e entre 60 e 93 anos. Quanto ao sexo, mulheres apresentaram valores significativamente mais altos de f_0 e formantes que homens. Entre 19 e 39 anos observou-se o ponto de maior diferenciação acústica entre os sexos.

A f_0 mostrou ser o parâmetro acústico mais robusto para diferenciar homens e mulheres a partir da adolescência. Entre os formantes, o F2 e o F3 da vogal [i] destacaram-se como medidas sensíveis para indicar mudanças articulatórias entre grupos etários, e o F1 da vogal [u] apresentou sensibilidade para discriminar faixas etárias específicas. A vogal [i] surgiu como um possível marcador de mudanças articulatórias ao longo da vida.

Os valores de referência obtidos para falantes do português brasileiro ampliam o conhecimento sobre as características acústicas da voz e da fala e oferecem subsídios aplicáveis tanto à avaliação clínica fonoaudiológica, que pode auxiliar na caracterização de perfis vocais e no acompanhamento de alterações ao longo da vida, quanto ao monitoramento longitudinal de mudanças vocais. Os achados evidenciam que tais transformações não seguem um padrão linear e sofrem influência combinada de idade e sexo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AALTONEN, O. The effect of relative amplitude levels of f2 and f3 on the categorization of synthetic vowels. *Journal of Phonetics*, 13(1), 1–9. [https://doi.org/ 10.1016/s0095-4470\(19\)30721-1](https://doi.org/10.1016/s0095-4470(19)30721-1), 1985.

ALBUQUERQUE, L.; OLIVEIRA, C.; TEIXEIRA, A.; SA-COUTO, P.; FIGUEIREDO, D. A comprehensive analysis of age and gender effects in European Portuguese oral vowels. *Journal of Voice*, 2020. Elsevier. Disponível em: DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jvoice.2020.10.021>.

ASSMANN, P. F.; KATZ, W. F. Time-varying spectral change in the vowels of children and adults. *J. Acoust. Soc. Am.*, v. 108, n. 4, p. [páginas], out. 2000

BARBOSA, P. A.; MADUREIRA, S. Manual de fonética acústica experimental: aplicações a dados do português. São Paulo: Cortez, 2015.

BECK, J. M. The vocal tract as a resonator. In: HEWLETT, N.; JANET, J. M. *Introduction to the science of phonetics*. Hillsdale: Lawrence Erlbaum Associates, 2006. p. 239-306.

BELE, I. V. The speaker's formant. *J. Voice* 20(4), 555–578, 2006.

BENNETT, S. Vowel formant frequency characteristics of preadolescent males and females. *J. Acoust. Soc. Am.*, v. 69, n. 3, p. 321-238, 1981. Disponível em: <https://asa.scitation.org/doi/abs/10.1121/1.385670>.

BEHLAU, M. S. Uma análise das vogais do Português Brasileiro falado em São Paulo: perceptual, espectrográfica de formantes e computadorizada de frequência fundamental. 1984. Escola Paulista de Medicina, 1984.

BEHLAU, M.; AZEVEDO, R.; PONTES, P. *Voz: o livro do especialista*. São Paulo: Revinter, 2001.

BOERSMA, P.; WEENINK, D. Praat: doing Phonetics by Computer. Disponível em: <<http://www.praat.org>>. Acesso em: 4 abr. 2020.

BROAD, L. E. M.; SEARA, I. C. As vogais orais do português brasileiro na fala infantil e adulta: uma análise comparativa. *Linguagem & Ensino*, Pelotas, v. 16, n. 1, p. 111-130, jan./jun. 2013.

BUSBY, P. A.; PLANT, G. L. Formant frequency values of vowels produced by preadolescent boys and girls (5-11 anos). *Journal of the Acoustical Society of America*, v. 97, n. 4, p. 2604-2606, abr. 1995.

CAMARGO, Z. A. Avaliação objetiva da voz. In: DE ANGELIS, C. E.; FÚRIA, C. L.; MOURÃO, L. H.; KOWALSKI, L. P. *A atuação da fonoaudiologia no câncer de cabeça*. São Paulo: Editora não especificada, 2000.

- CAMARGO, Z. A. Análise da qualidade vocal de um grupo de indivíduos disfônicos: uma abordagem interpretativa e integrada de dados de natureza acústica, perceptiva e eletroglotográfica. 2002. Tese (Doutorado em Fonoaudiologia) – Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, São Paulo, 2002.
- CARDOSO, V. M. Nasalância para adultos de meia-idade e idosos falantes do português brasileiro. 2017. 96 f. Dissertação (Mestrado em Fonoaudiologia) – Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Filosofia e Ciências, Marília, 2017
- CARTEI, Valentina; COWLES, Wind; BANERJEE, Robin; REBY, David. Control of voice gender in pre-pubertal children. *British Journal of Developmental Psychology*, v. 32, p. 100-106, 2014.
- COTO-JIMÉNEZ, M; MORALES-RODRÍGUEZ, M; VARGAS-DÍAZ, D. A first approach to Acoustic Characterization of Costa Rican Children's Speech. *Tecnología en Marcha*. Edición especial 2020. 6th Latin America High Performance Computing Conference (CARLA). Pág 80-84. <https://doi.org/10.18845/tm.v33i5.5080>
- DEHQAN, A.; ANSARI, H.; BAKHTIAR, M. Objective voice analysis of Iranian speakers with normal voices. *Journal of Voice*, v. 24, n. 2, p. 161-167, 2010. doi: 10.1016/j.jvoice.2008.07.005.
- DROGUETT, Y. G. Aplicaciones clínicas del análisis acústico de la voz. *Rev. Otorrinolaringol. Cir. Cabeza Cuello, Santiago*, v. 77, n. 4, p. 474-483, dez. 2017.
- DROMEY, C.; BAKER, J.; SMITH, K. Mudanças articulatórias após o tratamento da disfonia de tensão muscular: evidências acústicas preliminares. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, v. 51, n. 1, p. 196-208, fev. 2008.
- EICHHORN, J. T.; MEYER, T.; ZIEGER, L.; KOPPENSTEINER, S. Effects of aging on vocal fundamental frequency and vowel formants. *Journal of Acoustics*, v. 33, n. 7, p. 12-18, 2018.
- ESCUDERO, P.; BOERSMA, P.; WEENINK, D. A cross-dialect acoustic description of vowels in Brazilian Portuguese. *Journal of the Acoustical Society of America*, v. 126, n. 3, p. 1381-1391, set. 2009.
- FANT, G. The acoustic theory of speech production. The Hague: Mouton, 1960.
- FANT, G. A note on vocal tract size factors and non-uniform F-pattern scalings. *STL QPSR, Stockholm*, v. 7, n. 4, p. 22-30, 1966.
- FANT, G. Speech sounds and features. Cambridge: MIT Press, 1973.
- GOMES, M. L.; CARNEIRO, D.; DRESCH, A. Análise perceptiva e acústica em fonética forense. *Domínios de Linguagem*, v. 10, n. 2, p. 559-589, abr./jun. 2016.
- KENT, R. D.; READ, C. Acoustic analysis of speech. Albany: Singular, 2002.
- KENT, RD; READ, C. Análise acústica da fala. 1ª ed. Meireles, A, tradutor. São Paulo:

Cortez Editora; 2015. 504 p. 5

KENT, R. D.; VORPERIAN, H. K. Static measurements of vowel formant frequencies and bandwidths: A review. *Journal of Communication Disorders*, v. 74, p. 74-97, 2018.

KENT, R. D.; EICHHORN, J. T.; VORPERIAN, H. K. Acoustic parameters of voice in typically developing children ages 4–19 years. *International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology*, v. 142, n. December 2020, p. 110614, 2021.

KUHN PEREIRA, L. C.; MADUREIRA, S. A produção das plosivas alveolares /T/ e /D/ por um sujeito com deficiência auditiva: um estudo fonético-acústico. *Revista Intercâmbio*, v. 23, p. 128-151, 2011.

KUO, C.; WEISMER, G. Vowel reduction across tasks for male speakers of American English. *Journal of the Acoustical Society of America*, [S. l.], v. 140, n. 4, p. 2762-2777, out. 2016.

LADEFOGED, P.; JOHNSON, K. A course in phonetics. 6. ed. [S.l.]: [s.n.], [2011].

LEE, S.; POTAMIANOS, A.; NARAYANAN, S. Acoustics of children's speech: Developmental changes of temporal and spectral parameters. *Journal of the Acoustical Society of America*, v. 105, n. 3, p. 1467, mar. 1999.

LEINO, T., LAUKKANEN, A. M., RADOLF, V. Formation of the actor's/speaker's formant: A study applying spectrum analysis and computer modeling. *J. Voice* 25(2), 150-158, 2011.

LEUNG, Y.; OATES, J.; PAPP, V.; CHAN, S. P. Formant frequencies of adult speakers of Australian English and effects of sex, age, geographical location, and vowel quality. *Journal of Voice*, v. 36, n. 6, p. 875.e1-875.e13, 2022.

LINDBLOM, B. E.; SUNDBERG, J. E. Acoustical consequences of lip, tongue, jaw, and larynx movement. *Journal of the Acoustical Society of America*, v. 50, n. 4, p. 1166-1179, out. 1971.

LINVILLE, S. E.; RENS, J. Vocal tract resonance analysis of aging voice using long-term average spectra. *Journal of Voice*, [S.l.], v. 15, n. 3, p. 323-330, 2001.

MARINO, V. C. et al. Normative nasalance scores for Brazilian Portuguese using new speech stimuli. *Folia Phoniatr. Logop*, v. 67, n. 5, p. 238-244, 2015.

MARINO, V. C. DE C. et al. Normative Nasalance Scores for Brazilian Portuguese Using New Speech Stimuli. *Folia Phoniatr Logop*, v. 67, p.238–244, 2016.

MIRANDA, I. I.; MEIRELES, A. R. Análise acústico-comparativa de vogais brasileiras com vogais norte-americanas. In: I CONGRESSO NACIONAL DE ESTUDOS LINGÜÍSTICOS, 1., 2011, Vitória-ES. Anais... Vitória-ES: [s.n.], 2011. p. [número das páginas].

PALANDI, J.A. *Análise Estatística*. São Paulo: 2024.

PEREIRA, L. C. K.; MADUREIRA, S. A produção das plosivas alveolares /T/ e /D/ por um sujeito com deficiência auditiva: um estudo fonético-acústico. *Rev. Intercâmbio*, São Paulo, v. XXIII, p. 128-151, 2011

PETERSON, G. E.; BARNEY, H. L. Control methods used in a study of the vowels. *Journal of the Acoustical Society of America*, v. 22, n. 824, p. 1-10, 1950.

RINALDI, L.M. Procedimentos para a análise das vogais e obstruintes na fala infantil do português brasileiro / Larissa Mary Rinaldi. Campinas, SP : [s.n.], 2010.

ROWE, J. W.; KAHN, R. L. Successful aging. *The Gerontologist*, v. 37, n. 4, p. 433-440, 1997.

SANTOS, G. B. dos. *Análise fonético-acústica das vogais orais e nasais do português [manuscrito]: Brasil e Portugal* / G. B. dos Santos. – 2013. 198 f. : figs, grafs., tabs. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Goiás, Faculdade de Letras, 2013

SCHÖTZ S. Perception, analysis and synthesis of speaker age. In: *Travaux de l'Institut de Linguistique de Lund*. Vol. 47. Lund: Lund University, Linguistics and Phonetics; 2006.

SCUKANEC G, PETROSINO L, SQUIBB K. Formant frequency characteristics of children, young adult, and aged female speakers. *Percept Mot Skills*. 1991;73:203–208.

SEARA, I. C. *Fonética e fonologia do português brasileiro : 2º período* / Izabel Christine Seara, Vanessa Gonzaga Nunes, Cristiane Lazzarotto-Volcão – Florianópolis: LLV/CCE/UFSC, 2011. 119 p. : il., grafs., tabs.

SERRURIER, A. *et al.* Articulatory variations associated with single formant variations: an MRI-based modelling approach. *Journal of Phonetics*, [S.l.], v. 107, p. 101374, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.wocn.2024.101374>.

SILVA, R. E. P.; SOUZA, L. B. R. Média da frequência fundamental dos formantes e do tempo máximo de fonação em um grupo de escolares. *Rev. Bras. Ciênc. Saúde*, v. 24, n. 4, p. 643-648, 2020. DOI: <https://doi.org/10.22478/ufpb.2317-6032.2020v24n4.52757>.

SOARES, M. F. P. *Estratégias de produção de vogais e fricativas: análise acústica da fala de sujeitos portadores de doença de Parkinson*. 2009. Tese (Doutorado em Linguística) – Instituto de Estudos da Linguagem, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2009

SOLTANI, M. *et al.* Fundamental Frequency Changes of Persian Speakers Across the Life Span. *J Voice*, v. 28, n. 3, p. 274-281, 2014.

SPAZZAPAN, E. A. et al. Acoustic characteristics of healthy voices of adults: From young to middle age. *Codas*, v. 30, n. 5, p. 1–7, 2018.

SPAZZAPAN, E. A. et al. Acoustic Characteristics of the Voice for Brazilian Portuguese Speakers Across the Life Span. *Journal of Voice*, 2020.

SPAZZAPAN, E. A.; MARINO, V. C. D. C.; FABBRON, E. M. G. Smoothed Cepstral Peak Analysis of Brazilian Children and Adolescents Speakers. *Journal of Voice*, v. in press, 2022.

STATHOPOULOS, E. T.; HUBER, J. E.; SUSSMAN, J. E. Changes in acoustic characteristics of the voice across the life span: measures from individuals 4-93 years of age. *J. Speech Lang. Hear. Res.*, v. 54, n. 4, p. 1011-1021, ago. 2011.

SVICERO, Z. A. Caracterização de Acústica de Imagens de Ultrassonografia das Vogais do Português Brasileiro. 2012. Tese (Doutorado em Fonoaudiologia) – Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, São Paulo, 2012.

TAKEMOTO, H., ADACHI, S., KITAMURA, T., MOKHTARI, P., HONDA, K. Acoustic roles of the laryngeal cavity in vocal tract resonance. *J. Acoust. Soc. Am.* 120(4), 2228–2238, 2006.

TRINDADE, I.; GENARO, K.; DALSTON, R. Nasalance scores of normal Brazilian Portuguese speakers. *Braz J Dysmorphol Speech Hear Disord*, v. 1, p. 23–34, 1997.

TYKALOVA, T.; SIMACKOVA, S.; PODLIPSKY, V.; CHLADKOVA, K. Effect of ageing on acoustic characteristics of vowels in healthy Czech native speakers. *J. Voice*, v. 34, n. 5, p. 685-693, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jvoice.2020.02.02>

VIEGAS, D.; VIEGAS, F.; TAVARES ATHERINO, C. C.; BAECK, H. E. Parâmetros espectrais da voz em crianças respiradoras orais. *Revista CEFAC*, São Paulo, v. 12, n. 5, p. 820-830, set./out. 2010. ISSN 1516-1846.

VIEGAS, F.; VIEGAS, D.; ATHERINO, C. C. T.; BAECK, H. E. Frequência de medição dos formantes vocais produzidos por crianças brasileiras de 4 a 8 anos. *Journal of Voice*, v. 29, n. 3, p. 292-298, 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jvoice.2014.08.001>.

VIEGAS, F.; VIEGAS, D.; GUIMARÃES, G. S.; et al. Análise da frequência fundamental e dos formantes em diferentes tarefas de fala no português brasileiro. *Revista CEFAC*, São Paulo, v. 21, n. 6, e12819, 2019.

VIEGAS, A. et al. Acoustic Measurements of Speech and Voice in Men with Angle Class II. *International Archives of Otorhinolaryngology*, v. 27, n. 1, p. 10-16, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1055/s-0041-1730428>.

VORPERIAN HK, KENT RD. Vowel acoustic space development in children: a synthesis of acoustic and anatomic data. *J Speech Lang Hear Res.* 2007;50:15101545.

VORPERIAN, H. K.; KENT, R. D.; LEE, Y.; BUHR, K. A. Vowel production in Down syndrome: A comparison of typically developing children and children with Down syndrome. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, v. 66, n. 4, p. 1208-1239, 2023.

WATSON PJ, MUNSON B. A comparison of vowel acoustics between older and younger adults. In: *Proceedings of the 16th International Congress of Phonetic Sciences (ICPhS XVI)*. Saarbücken, Germany: 2007

WHITESIDE, S. P.; HODGSON, C. Speech patterns of children and adults elicited via a picture-naming task: an acoustic study. *Speech Communication*, [S.l.], v. 32, n. 3, p. 267-285, 2000.

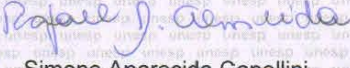
YOON, T.-J.; HA, S. Adults' perception of children's vowel production. *Children*, v. 9, n.11, p.1690, 2022. DOI: 10.3390/children9111690. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/children9111690>. Acesso em: 9 dez. 2024.

ANEXOS

Anexo A – Parecer do Projeto

	UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO" Campus de Marília
Parecer do Projeto nº. 0657/2013	
IDENTIFICAÇÃO	
1. Título do Projeto: Medidas de nasalância em amostras de fala em diferentes contextos fonéticos do português brasileiro	
2. PESQUISADOR RESPONSÁVEL:	
Autor(a): viviane marino	
3. Instituição do Pesquisador: Faculdade de Filosofia e Ciências – UNESP/Marília	
4. Apresentação ao CEP: 13/03/2013	
5. Apresentar relatório em: Semestralmente durante a realização da pesquisa.	
Objetivos	
O objetivo primário do estudo é obter valores normativos de nasalância para amostras de fala específicas (propostas para uso em nível nacional), em falantes do PB. O objetivo secundário é determinar se os valores de nasalância diferem significativamente entre os diferentes estímulos de fala selecionados e, ainda, em relação ao gênero e a idade dos sujeitos.	
SUMÁRIO DO PROJETO	
A nasometria é indicada como um importante método instrumental que fornece dados quantitativos de nasalidade de fala e que, portanto, pode ser usada para confirmar achados perceptivo-auditivos. Dados normativos de nasalância têm sido apresentados para diferentes línguas, incluindo o português brasileiro (PB) e, de forma geral, os estudos mostram que fatores como idade, gênero e composição fonética do estímulo de fala podem interferir nos valores de nasalância. Considerando-se a tendência universal em selecionar estímulos de fala para a avaliação perceptivo-auditiva que atendam as recomendações dos parâmetros universais (HENINGSSON et al., 2008), propõe-se que estes estímulos sejam usados também na avaliação nasométrica. O objetivo do estudo é obter valores normativos de nasalância para amostras de fala específicas (propostas em nível nacional), em falantes do PB, além de determinar se os valores de nasalância diferem significativamente entre os estímulos de fala selecionados e em relação ao gênero e a idade dos sujeitos. Medidas de nasalância serão obtidas simultaneamente à gravação da fala produzida por 240 sujeitos (60 crianças, 60 adolescentes, 60 jovens e 60 adultos), de ambos os gêneros, com fala normal. Os estímulos de fala incluirão 17 frases curtas, um texto simplificado e o protocolo proposto por Trindade et al. (1997). Para a obtenção das amostras de fala será solicitada a repetição/leitura dos estímulos. A captura do sinal áudio (para um banco de dados) será feita simultaneamente as medidas de nasalância (Nasômetro 6400). Os valores médios (desvio padrão) de nasalância serão obtidos e os resultados analisados estatisticamente, visando comparar os achados intra e inter grupos, levando-se em consideração os estímulos de fala, o gênero e a idade dos sujeitos. Palavra-Chaves: nasometria, acústica, fala, nasalidade, dados de normalidade.	
Faculdade de Filosofia e Ciências Avenida Hygino Muzzi Filho, 737 CEP 17.525-900 Marília São Paulo Brasil Tel 14 3402-1300 fax 14 3402-1302	
Pág. 1 de 2	

Anexo B – Parecer do Projeto

	UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO" Campus de Marília
COMENTÁRIO DO RELATOR	
A realização da pesquisa em questão não apresenta riscos potenciais à saúde ou integridade moral e/ou profissional do sujeito da pesquisa. Os procedimentos metodológicos apresentados são adequados para os objetivos propostos. Há consentimento da instituição onde será realizada a pesquisa. O termo de consentimento livre e esclarecido apresenta as informações necessárias para esclarecimento dos procedimentos do projeto aos responsáveis pelos participantes da pesquisa. O projeto está de acordo com as solicitações e normas da resolução CNS 196/96.	
PARECER FINAL	
O CEP da FFC da UNESP após acatar o parecer do membro relator previamente aprovado para o presente estudo e atendendo a todos os dispositivos das resoluções 196/96 e complementares, bem como ter aprovado o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido como também todos os anexos incluídos na pesquisa resolve aprovar o projeto de pesquisa supracitado.	
INFORMAÇÕES COMPLEMENTARES	
DATA DA REUNIÃO	
Homologado na reunião do CEP da FFC da Unesp em 27/03/2012.	
 Simone Aparecida Capellini Presidente do CEP  José Carlos Miguel Diretor da FFC	
Faculdade de Filosofia e Ciências Avenida Hygino Muzzi Filho, 737 CEP 17.525-900 Marília São Paulo Brasil Tel 14 3402-1300 fax 14 3402-1302 Pág. 2 de 2	

Anexo C - Teste *t Student*

Diferenças significativas nas médias de f_0 , F1, F2 e F3 entre os contextos consonantais [p] e [l] nos sete grupos etários.

Vogal	Parâmetro Acústico	Grupo Etário	p-valor (<0,05)
[a]	f_0	G5 G7	p = 0,036 p = 0,002
	F1	G1 a G7	p < 0,001
	F2	G2 G4 G5, G6 G7	p = 0,007 p = 0,001 p < 0,001 p = 0,016
	F3	G4, G7 G5, G6	p < 0,001 p = 0,002
[i]	f_0	G2 G3 G4 a G7	p = 0,020 p = 0,016 p < 0,001
	F1	G4 G7	p < 0,001 p = 0,004
	F2	G2 a G7	p < 0,001
	F3	G2 a G7	p < 0,001
[u]	f_0	G4 G6	p = 0,020 p < 0,001
	F1	G6	p < 0,001
	F2	G6 G7	p = 0,027 p = 0,003

Teste *t Student* fixado efeito significativo (p<0,05); f_0 : frequência fundamental; F1: primeiro formante; F2: segundo formante; F3: terceiro formante; G1 (5-7); G2 (13-15); G3 (19-29); G4 (30-39); G5 (50-59); G6 (60-69); G7 (70-93) Fonte: Elaborado pela autora. Dados da pesquisa, 2025.

Diferenças significativas nas médias de f_0 , F1, F2 e F3 entre os contextos consonantais [p] e [l] nos sexos feminino e masculino.

Sexo	Feminino				Masculino			
Vogal	f_0	F1	F2	F3	f_0	F1	F2	F3
[a]	p=0,059	p<0,05	p<0,05	p<0,05	p<0,05	p<0,05	p<0,05	p<0,05
[i]	p<0,05	p<0,406	p<0,05	p<0,05	p<0,05	p<0,326	p<0,05	p<0,05
[u]	p<0,05	p<0,05	p=0,108	p<0,05	p<0,05	p=0,170	p<0,05	p=0,558

Teste *t Student* fixado efeito significativo (p<0,05); f_0 : frequência fundamental; F1: primeiro formante; F2: segundo formante; F3: terceiro formante. Fonte: Elaborado pela autora. Dados da pesquisa, 2025.