



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS HUMANAS, LETRAS E ARTES
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM LINGUÍSTICA
MESTRADO EM LINGUÍSTICA

**CONFIGURAÇÃO ACÚSTICO-ARTICULATÓRIA DAS VOGAIS ORAIS DO
PORTUGUÊS BRASILEIRO PRÉ E PÓS-EXERCÍCIO VOCAL**

FERNANDA PEREIRA FRANÇA

JOÃO PESSOA
2018

FERNANDA PEREIRA FRANÇA

**CONFIGURAÇÃO ACÚSTICO-ARTICULATÓRIA DAS VOGAIS ORAIS DO
PORTUGUÊS BRASILEIRO PRÉ E PÓS-EXERCÍCIO VOCAL**

Dissertação apresentada ao Programa de
Pós-Graduação em Linguística para a
obtenção do título de Mestre em Linguística.

Área de concentração: Teoria e análise
linguística

Orientador: Prof. Dr. Leonardo Wanderley

JOÃO PESSOA

2018

Catálogo na publicação
Seção de Catalogação e Classificação

F814c França, Fernanda Pereira.

Configuração acústico-articulatória das vogais orais do português brasileiro pré e pós-exercício vocal /

Fernanda Pereira França. - João Pessoa, 2018.

120 f. : il.

Orientação: Leonardo Wanderley.

Dissertação (Mestrado) - UFPB/CCHLA.

1. Linguística. 2. Formantes - produção de vogais. 3. Exercício vocal. 4. triângulo vocálico - português brasileiro. I. Wanderley, Leonardo. II. Título.

UFPB/BC

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS HUMANAS, LETRAS E ARTES
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM LINGUÍSTICA
MESTRADO EM LINGUÍSTICA

Defesa pública em:

João Pessoa, 19 de fevereiro de 2018.

Banca examinadora:



Prof. Dr. Leonardo Wanderley Lopes



Profa Dr. Giorvan Anderson dos Santos Alves



ProfaDra Anna Alice Figueiredo de Almeida

Profa Dr. Leandro de Araújo Pernambuco

Profa Dra Maria Fabiana Bonfim de Lima-Silva

Àqueles que lutam pelos sonhos, enfrentam
obstáculos e não desistem ao ver os
gigantes em sua direção.

AGRADECIMENTOS

A Deus, meu guia, meu refúgio, minha fortaleza, que se faz presente em todos os momentos da minha vida, trazendo força, amor e entendimento.

Ao meu amado e querido esposo, pela força, amor, carinho, cuidado, atenção e toda alegria que me proporciona. Eu te amo!

Aos meus pais, irmão, cunhada e pastores que sempre acreditaram em mim. E que me proporcionaram uma boa educação, dando o seu melhor para o meu crescimento acadêmico.

Às minhas fieis amigas da vida, do CAIC, da IAMJ, que sempre me proporcionaram momentos de alegria, satisfação e que sempre aturou todas as minhas agonias e estresses. Que a amizade perdure para toda vida.

Aos meus amigos queridos que a fonoaudiologia me proporcionou, presenteando-me com uma amizade verdadeira que permanecerá para sempre em minha vida: o Sem nome e o Fonochegados. Com vocês tudo tornou-se divertido.

Ao meu orientador e Prof. Dr. Leonardo, que me acolheu de uma forma tão singela. Tornou-se o meu pai científico, e me auxiliou em toda a trajetória com o seu profissionalismo, humildade e competência. Sou extremamente grata pela sua atenção e cuidado.

Aos professores queridos, participantes da banca deste trabalho, aos quais admiro por tanta habilidade, competência e carinho em toda a minha vida acadêmica.

RESUMO

Introdução: A produção das vogais orais é um fenômeno articulatorio, uma vez que, a mudança da posição de alguns órgãos fonoarticulatórios interfere diretamente na produção das vogais orais. Pouco ainda se entende sobre a influência da fonte sonora sobre os órgãos responsáveis pela produção da fala, e vice-versa. Emerge o interesse da compreensão dos mecanismos acústicos da produção da fala, em especial das vogais orais /a/, /i/ e /u/, que compreendem as extremidades do triângulo acústico. **Objetivo:** Analisar o triângulo acústico das vogais orais do português brasileiro /a/, /i/ e /u/ pré e pós exercício vocal. **Metodologia:** Participaram do estudo 12 mulheres com nódulos vocais no grupo experimental (GE) e 12 no grupo controle (GC). Foram submetidas à gravação de fala das frases- veículo: “Digo papa baixinho”, “Digo pipa baixinho” e “Digo pupa baixinho”, contendo as vogais /a/, /i/ e /u/. A coleta das vozes aconteceu no Laboratório Integrado e Estudos da Voz - LIEV, utilizando-se o software Fonoview. O GE e o GC foram orientadas a realização de técnicas vocais, sendo distribuídas da seguinte forma: 8 mulheres realizaram o exercício de vibração de língua; 10 - o exercício com canudo de alta resistência; e 6 - o exercício de sobrearticulação, sendo a metade correspondente a cada grupo. Os grupos foram escolhidos de forma aleatória, apenas 3 sujeitos foram escolhidos para a execução de outra técnica que não correspondesse à vibração de língua, pela inabilidade. Os exercícios foram realizados durante 5 minutos e no minuto inicial e a cada minuto ocorreu uma nova gravação vocal. Sendo realizado um total de 6 gravações vocais. **Resultados:** Mulheres com nódulos vocais diminuem valores de F_0 e $F1$ da vogal /u/ após 5 minutos de exercício de vibração sonorizada de língua. Apresentam valores mais baixos de F_0 e $F1$ em relação às mulheres vocalmente saudáveis a partir do 1º minuto de execução do exercício com canudo de alta resistência, e apenas $F1$ após 5 minutos de execução. O triângulo vocálico de mulheres vocalmente saudáveis apresenta modificações mais perceptíveis e significativas antes e após o exercício vocal, quando comparado às mulheres com nódulos vocais. **Conclusão:** O tamanho da orofaringe ocasionado pelos efeitos dos exercícios de trato vocal semiocluído (vibração de língua e canudo de alta resistência) não interfere significativamente na distintividade de todas as vogais. A realização do exercício do trato vocal semiocluído, principalmente o canudo de alta resistência, ocasiona expansão da orofaringe de mulheres com nódulos em comparação às mulheres vocalmente saudáveis.

Palavras-chave: formantes; exercício vocal; triângulo vocálico.

ABSTRACT

Introduction: The production of oral vowels is an articulatory phenomenon, since changing the position of some phonoarticulatory organs directly interferes with the production of oral vowels. Little is still understood about the influence of the sound source on the organs responsible for speech production, and vice versa. There is an interest in understanding the acoustic mechanisms of speech production, especially the oral vowels / a /, / i / and / u /, which comprise the ends of the acoustic triangle. Objective: To analyze the acoustic triangle of the Brazilian vowels / a /, / i / and / u / pre and post vocal exercises. **Methodology:** Twelve women with vocal nodules (GE) and 12 vocally healthy (CG) participated in the study. They were submitted to the speech recording of the vehicle phrases: " I say little potato" and "I say little kite" and "I say little pupa", containing the vowels / a /, / i / and / u /. The voices were collected at the LIEV, using Fonoview software. The SG and CG were oriented to perform vocal techniques, being distributed as follows: 8 women performed the tongue vibration exercise; 10 - the exercise with high resistance straw; and 6 - the overlapping exercise. The groups were chosen at random, only 3 subjects were chosen to perform another technique that did not correspond to the tongue vibration, due to the inability. The exercises were performed for 5 minutes and every minute a new vocal recording occurred. A total of 6 vocal recordings were performed. **Results:** Women with vocal nodules decrease values of F0 and F1 of the vowel / u / after 5 minutes of sonicated tongue vibration exercise. They present lower values of F0 and F1 in relation to the vocally healthy women from the first minute of execution of the exercise with high resistance straw, and only F1 after 5 minutes of execution. The vowel triangle of vocally healthy women presents more noticeable and significant modifications before and after vocal exercise when compared to women with vocal nodules. **Conclusion:** The vocal tract size caused by the effects of semi-fluid vocal tract exercises (tongue vibration and high resistance straw) does not significantly interfere in the distinctiveness of all vowels. The performance of the semi-fluid vocal tract exercise, especially the high resistance straw, causes oropharynx to expand of women with nodules compared to vocally healthy women.

Keywords: formants; vocal exercise; vowel triangle.

SUMÁRIO

1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS.....	11
2.A TEORIA FONTE-FILTRO: UMA REVISÃO INTEGRATIVA.....	18
2.1 Teoria Linear e Não-Linear.....	26
2.2 Alterações do trato vocal.....	28
2.3 Algumas considerações.....	29
3. UMA REVISÃO DA LITERATURA SOBRE OS FORMANTES E A PRODUÇÃO DA VOZ E FALA.....	30
3.1 Revisão da Literatura.....	32
3.1.1 Dimensões do trato vocal e influência dos formantes na produção das vogais.....	35
3.1.2 Alterações na fonte sonora e interferência supraglótica.....	37
3.1.3 Análise formântica em indivíduos surdos.....	39
3.1.4 Relação formântica e alterações patológicas e cirúrgicas do trato vocal.....	40
4.2 Últimas Conclusões.....	43
4. EFEITO DOS EXERCÍCIOS VOCAIS SOBRE A FONTE GLÓTICA E O TRATO VOCAL.....	44
5. METODOLOGIA.....	49
6. RESULTADOS.....	63
6.1 Experimento 1.....	63
6.2 Experimento 2.....	68
6.3. Experimento 3.....	82
7.CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	96
8. REFERÊNCIAS.....	98
9. ANEXOS.....	113

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Anatomia da laringe e das pregas vocais.....	18
Figura 2 - Anatomia do Trato Vocal.....	18
Figura 3 - Diagrama do processo de produção da fala.....	19
Figura 4 - Modelos dos sons vocálicos, fricativos e nasais produzidos pelo trato vocal.....	19
Figura 5 - Fluxograma dos artigos seleccionados para a revisão integrativa.....	21
Figura 6: Fluxograma dos artigos seleccionados para a revisão sistemática.....	30

LISTA DE QUADROS

Quadro 1- Descrição dos tipos de estudos de produção de voz e fala, com base na teoria fonte-filtro.....	22
Quadro 2- Protocolo de análise.....	32
Quadro 3: Descrição da temática investigada pelas pesquisas científicas incluídas na revisão.....	33
Quadro 4: Tempo de execução do exercício e procedimentos de gravação.....	40
Quadro 5: Texto foneticamente balanceado baseado na <i>Brazilian Portuguese version of Vocal Profile Analysis Scheme – PB-VPAS</i> (2007).....	52

1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS

A fala é considerada o resultado de um sinal acústico, decodificado pelo ouvinte e transformado em mensagem verbal, com conteúdo linguístico. Dessa forma, desde o início do século XX (STETSON, 1928), com a possibilidade de processamento e análise do sinal de fala por sistemas computacionais, a fala passou a ser estudada especificamente em sua dimensão acústica. Nesse contexto, várias medidas e modelos de análise foram desenvolvidos para investigar o mecanismo acústico de produção da fala, seja em termos da fonte glótica (TITZE, 2008; COSTA *et al.*, 2013; FADEL *et al.*, 2016; PAES e BEHLAU, 2017), ou dos ajustes implementados no trato vocal (WAN, HUANG e ZHENG, 2010; CARTEI, COWLES e REBY, 2012; AMBROŽIČ, BOLTEŽAR e HREN, 2015; VALENÇA *et al.*, 2016; JANOTT, SCHULLER e HEISER, 2017).

Para a Linguística, a fala é predominantemente estudada no campo da fonética, incluindo a área fisiológica (ou fonética articulatória), a área acústica (ou fonética acústica) e a área perceptual (ou fonética perceptiva) (KENT e READ, 2015).

De modo geral, a fonética é parte da linguística que se interessa pela linguagem articulada, estudando os sons da língua em sua realização concreta sem levar em consideração sua função linguística, obtendo uma definição de “*ciência da face material dos sons da linguagem humana*” (TRUBETZKOY, 1933).

Especificamente, a fonética acústica é um ramo da fonética que tem o objetivo de auxiliar na quantificação da produção da fala, considerando o sinal acústico como um nível integrador entre a produção e a percepção da fala. Com os avanços tecnológicos, a análise acústica mostrou-se atraente por descrever as principais características e mecanismos da produção de fala em diferentes contextos e com diferentes populações (KENT e KIM, 2008).

Sendo assim, baseado na Teoria Fonte-filtro (FANT, 1960), a principal medida acústica para a investigação da movimentação e do posicionamento dos articuladores durante a fala são os formantes. As medidas formânticas são os principais correlatos acústicos associados à qualidade vocálica de um segmento. Os pulsos de ar que passam pelas pregas vocais vibram no trato vocal e as ressonâncias concentradas nessa região são denominadas de formantes (LADEFOGED, 2007). As frequências dos três primeiros formantes, F1, F2, F3, são

suficientes para identificação das vogais e, de modo geral, a maior parte das vogais podem ser corretamente identificada apenas com os dois primeiros formantes.

A partir da análise dos formantes, pode-se observar que a mudança da posição de alguns órgãos fonoarticulatórios interfere diretamente na produção das vogais orais (PETERSON e BARNEY, 1951; MASAPOLLO, POLKA e MÉNARD, 2016; PISANSKI, 2016). As vogais são influenciadas pelo posicionamento da mandíbula, dos lábios e da língua. Diferentes combinações no posicionamento desses articuladores conferem distintividade acústico-articulatório aos segmentos vocálicos. As vogais /a/, /i/ e /u/ são as que mais se distinguem acusticamente, pois se encontram nas extremidades de um triângulo articulatório, proposto por Trubetzkoy (1929), uma vez que, o primeiro formante das vogais /i/ e /u/ apresentam frequência baixa e a vogal /a/ frequência alta. A língua posiciona-se mais elevada na produção das duas primeiras vogais e mais baixa em /a/. O segundo formante tem frequência alta em /i/, baixa em /u/ e média em /a/, justificado pela posição da língua que encontra-se mais avançada para a primeira, recuada para a segunda e numa posição estável para a produção da terceira vogal (LADEFOGED, 2001).

O triângulo formado pelas frequências dos formantes das vogais pode ser então, representado por um método gráfico através de um diagrama F1/F2, com a finalidade de avaliar o espaço da articulação das vogais. Um triângulo extenso representa uma maior distintividade acústica entre as vogais, enquanto que a redução do triângulo indica restrição do espaço de articulação devido aos movimentos dos articuladores, revelando que quanto maior a distintividade entre a produção das vogais, maior a inteligibilidade de fala (HOCEVAR-BOLTEZAR; BOLTEZAR e ZARGI, 2008; SUBTENLY; WHITEHEAD e SAMAR, 1992; ANGELOCCI; KOPP e HOLBROOK 1964)

Alguns estudos investigaram a influência da disartria na distintividade acústica das vogais em indivíduos com Doença de Parkinson, encontrando redução da excursão e velocidade dos movimentos de língua, lábios e mandíbula, interferindo na inteligibilidade de fala (MOLLAEI *et al.*, 2016; LANSFORD e LISS, 2014; SKODDA; VISSER e SCHLEGEL, 2011). Em outra população de estudo, Oliveira e Pacheco (2016) investigaram os segmentos vocálicos de falantes com Síndrome de Down, que por apresentarem hipomobilidade nos articuladores, possuem alterações na distintividade acústica das vogais, modificando suas

características fonéticas e seus contrastes fonológicos (OLIVEIRA e PACHECO, 2016).

Além dessas alterações nos articuladores, a distintividade acústica norteia também marcadores indexicais (marca estilos diferentes, identidade sexual, procedência regional e nível educacional) (CARTEI, COWLES e REBY, 2012; WAN, HUANG e ZHENG, 2010), assim como também é importante para a percepção de fala e/ou processamento linguístico (MOLLAEI *et al.*, 2016; HOCEVAR-BOLTEZAR; BOLTEZAR e ZARGI, 2008).

Dessa forma, diversas pesquisas (LIMA *et al.*, 2007; GONÇALVES *et al.*, 2009; MACHADO, 2010; BROD e SEARA, 2014; HARST *et al.*, 2014) são desenvolvidas na área da fonética acústica, abrangendo a análise acústica das vogais orais para o estudo da variação linguística, com a finalidade de investigar modificações no trato vocal de indivíduos que possuem alguma alteração nos articuladores, e outros, com o intuito de averiguar o funcionamento do sistema de articulação da fala.

A presença de um distúrbio na fonte produtora do som ou no filtro pode comprometer a produção dos sons vocálicos e consonantais (MAXFIELD; PALAPARTHI e TITZE, 2016; LIAO, 2016; ALI *et al.*, 2016; JESUS *et al.*, 2015; CAMARGO *et al.*, 2013; COSTA *et al.*, 2013), diminuir a distintividade entre sons, interferir na compreensão da mensagem por parte do ouvinte e consequentemente a inteligibilidade de fala.

Os distúrbios de voz são processos patológicos que afetam a produção vocal, geralmente envolvendo as pregas vocais e a mucosa laríngea. Eles podem ser causados por fatores orgânicos (anatômicos) ou funcionais (emocionais ou psicológicos), levando à disfonia, afonia e alterações na qualidade de voz, na altura e no tom (DeCS).

Há uma solidariedade entre os subsistemas envolvidos na produção do som, devido à associação entre os desvios de produção na fonte glótica e nos ajustes supraglóticos, por efeito da co-ocorrência ou como consequência de um distúrbio vocal. Ajustes de movimentação e posicionamento realizados pelos articuladores em co-ocorrência com os distúrbios da voz podem comprometer a transmissão da mensagem verbal, diminuindo a inteligibilidade de fala devido ao decréscimo na distintividade de fonemas vocálicos (LIAO, 2016; ALI *et al.*, 2016; JESUS *et al.*, 2015).

ou consonantais (ISHIKAWA *et al.*, 2017; EVITTS *et al.*, 2017; MILLER, 2017; SAXENA *et al.*, 2014).

Alguns estudos (LIMA-SILVA, 2012; CAMARGO e MADUREIRA, 2008; GONÇALVES *et al.*, 2009) tem evidenciado que uma alteração vocal provoca multiplicidade de manifestações, seja em nível da fonte glótica e/ou do filtro. No entanto, de um modo geral, o impacto dos distúrbios de voz sobre o sistema vocálico, especificamente quanto à distintividade e ao impacto que isso pode ter na transmissão da mensagem são questões que ainda devem ser discutidas. Uma vez que há um maior número de estudos investigando medidas acústicas relacionadas à fonte glótica, como as medidas de perturbação e ruído (LOPES *et al.*, 2017; LU *et al.*, 2017; DARGIN e SEARL, 2015;CORDEIRO; FONSECA e RIBEIRO, 2014; PIMENTA *et al.*,2013; PEREIRA *et al.*, 2011;FONSECA E PEREIRA, 2009). No entanto, nos últimos anos há um esforço para compreender os ajustes supraglóticos implementados por indivíduos com distúrbios da voz.

Nesse sentido, Niebudek-bogusz *et al.*, 2009 investigaram indivíduos com nódulos vocais através da análise acústica dos formantes das vogais e encontraram diferenças significativas na comparação com o grupo controle. Outro estudo (YAMASAKI *et al.*, 2016) investigou os ajustes do trato vocal de mulheres disfônicas e não disfônicas antes e após o exercício de ressonância com tubo flexível na água, em repouso e durante a fonação usando ressonância magnética. Os ajustes do trato vocal de mulheres disfônicas e não disfônica possuem diferenças, tanto em repouso quanto durante a fonação.

Outros pesquisadores (CHOI e KIM, 2017; KIM; KENT E WEISMER 2000) investigaram como os subsistemas de fala (respiratório, fonatório, ressonante e/ou articulatorio), independentemente e em combinação, contribuem para uma menor inteligibilidade da fala. A amostra foi composta por indivíduos com doença de Parkinson (DP), mas com diferentes línguas nativas (inglês americano e coreano). A partir da análise dos dados, pode-se inferir que a base de um déficit de inteligibilidade na disartria depende da língua nativa do falante e do ouvinte. A diminuição do espaço das vogais (/a/, /i/ e /u/) tem maior efeito sobre a inteligibilidade da fala entre falantes do inglês americano com DP, porque o inglês possui um inventário de vogais mais denso do que o coreano.

De acordo com a literatura, pode-se perceber, então, que a análise acústica é utilizada como medida auxiliar na caracterização da fala, na avaliação, diagnóstico e

monitoramento da intervenção. Sendo assim, algumas pesquisas utilizaram a intervenção fonoaudiológica como mecanismo experimental através das técnicas vocais para investigar a influência da alteração na fonte glótica sobre as medidas acústicas (ANDRADE *et al.*, 2014; MAXFIELD; PALAPARTHI e TITZE, 2016; YAMASAKI *et al.*, 2016). Estas podem ser utilizadas no monitoramento da intervenção, de modo a investigar sessão a sessão para monitorar a evolução do paciente, ou no pré e pós intervenção, como também para avaliar o efeito imediato de uma técnica específica executada com o paciente.

A aproximação entre a Linguística e a Fonoaudiologia enquanto ciências têm ajudado a ampliar o olhar sobre o fenômeno da fala no contexto dos distúrbios da voz (EVITTS *et al.*, 2017; TITZE, 2008). O embasamento na Linguística favorece uma retomada e uma ressignificação da voz enquanto manifestação da fala em um processo contínuo de contato interfalantes para transmissão de uma mensagem verbal.

Desse modo, o interesse pela realização desta pesquisa surgiu por duas motivações iniciais: em primeiro lugar, compreender o fenômeno vocal situado no contexto da fala; em segundo, entender o efeito do exercício utilizado na reabilitação vocal sobre os ajustes articulatórios e distintividade fonética dos fonemas vocálicos.

Assim como acontecem com as medidas acústicas utilizadas no processo e avaliação vocal, os exercícios utilizados na reabilitação vocal estão focados na atividade da fonte glótica (DARGIN e SEARL, 2015; PIMENTA *et al.*, 2013; PEREIRA *et al.*, 2011). Obviamente, um dos principais objetivos do exercício vocal é desenvolver um funcionamento laríngeo adaptado às condições do indivíduo, com mínimo de esforço e com sonoridade adequada, interferindo no fechamento, na resistência glótica e regularidade de vibração da mucosa das pregas vocais (BRAGA *et al.*, 2006).

No entanto, uma menor quantidade de exercícios é direcionada para o reposicionamento dos articuladores durante a produção vocal, alguns, que envolvem o trato vocal, são modelos de terapia que focam: corpo-voz, fonte glótica, articuladores, coordenação pneumofonoarticulatória e atitude comunicativa, o qual é denominado de PIRV (Programa Integral de Reabilitação Vocal) (BEHLAU *et al.*, 2013); ou apresentam uma sequência de exercícios com o objetivo de automatizar o uso da voz em forte intensidade a partir do aprendizado motor, do estímulo e da motivação, envolvendo os articuladores, a prosódia, respiração e

ressonância, desenvolvido para a reabilitação da fala na Doença de Parkinson, o qual tem por denominação método Lee Silverman (DIAS; CHIEN e BARBOSA, 2011). Outros, são voltados para análise da frequência fundamental, medidas de perturbação e ruído, e avaliação perceptivo-auditiva, parâmetros direcionados para a fonte glótica (PAES e BEHLAU, 2017; FADEL *et al.*, 2016; HAMPALA *et al.*, 2015; LIMA, CIELO e SCAPINI, 2015; CHRISTOPHER e DANA, 2012; FOUQUET *et al.*, 2012).

Sendo assim, pouco ainda se entende acerca da influência da fonte glótica sobre o trato vocal, e vice-versa. Apesar de que, nos últimos anos, houve um olhar diferenciado sobre o trato vocal com o estudo de exercícios do trato vocal semiocluído (MAXFIELD; PALAPARTHI e TITZE, 2016; MYERS e FINNEGAN, 2015; ANDRADE *et al.*, 2014; SCHWARZ e CIELO, 2009), mas parece que os estudos tendem a destacar que os exercícios modificam as dimensões do trato vocal e não necessariamente o reposicionamento dos articuladores (YAMASAKI *et al.*, 2016).

Dessa forma, emerge o interesse da compreensão dos mecanismos acústicos da produção da fala, com a finalidade de entender o efeito dos exercícios vocais em indivíduos com e sem distúrbio de voz, e mutuamente, levando em consideração que a voz se manifesta na produção da fala (JI *et al.*, 2017; TITZE, RIEDE E POPOLO, 2008).

Pode-se então partir deste pressuposto para elucidar o problema desta pesquisa: será que os exercícios vocais com o foco na fonte glótica, no acoplamento fonte-filtro e no reposicionamento dos articuladores modificam a configuração acústico-articulatória do triângulo vocálico do Português Brasileiro?

Partindo dessa questão, essa pesquisa foi desenvolvida com o objetivo de analisar o triângulo acústico das vogais orais do português brasileiro /a/, /i/ e /u/ pré e pós exercício vocal. Dentre os objetivos específicos estão: caracterizar o triângulo acústico das vogais orais /a/, /i/ e /u/ de mulheres com e sem alteração laríngea. Caracterizar o triângulo acústico e analisar o espaço das vogais orais /a/, /i/ e /u/ de mulheres com e sem nódulos vocais antes e após a realização de exercício vocal. E investigar o tempo de execução dos exercícios sobre a produção das vogais orais /a/, /i/ e /u/.

Nessa perspectiva, a nossa hipótese é de que após a realização dos exercícios vocais haverá modificação do triângulo acústico das vogais /a/, /i/ e /u/ em

indivíduos com nódulos vocais, encontrando maior distintividade entre a produção desses sons.

A relevância deste trabalho está no fato de que, precisa ser discutido o efeito do exercício vocal no sistema vocálico do português brasileiro nos distúrbios de voz, e conseqüentemente, a influência na inteligibilidade de fala e transmissão verbal. Isto posto, haverá o entendimento dos mecanismos fonéticos na produção das vogais orais /a/, /i/ e /u/, para contribuir ao conhecimento estrutural do trato vocal humano e aprofundar a leitura de variabilidade de fala.

Nesta dissertação, a análise dos dados está fundamentada a partir da Teoria fonte-filtro (FANT, 1960) e imersa na fonética acústica experimental (BARBOSA e MADUREIRA, 2015), considerando a não-linearidade dos fenômenos que ocorrem na produção da fala (KENT e READ, 2015). Alguns conceitos serão abordados didaticamente nos capítulos a seguir para auxiliar a compreensão do objeto de estudo da pesquisa, assim como, nos métodos utilizados para o desenvolvimento desta.

Este capítulo teve o objetivo de situar o leitor com relação ao que será abordado, de acordo com a elucidação do problema de pesquisa, a justificativa, os objetivos, a hipótese e a perspectiva teórica adotada.

O capítulo 2 apresenta uma revisão integrativa da literatura a respeito da teoria fonte-filtro com o objetivo de investigar a perspectiva dos estudos de produção de voz e fala que utilizam por base a teoria fonte-filtro.

No capítulo 3 encontra-se outra revisão da literatura com objetivo de investigar se os formantes das vogais orais descrevem os diferentes aspectos da produção da voz e fala. A partir das evidências encontradas, esta seção delimita as pesquisas didaticamente em quatro perspectivas: dimensões do trato vocal e influência dos formantes na produção das vogais, alterações na fonte glótica e interferência supraglótica, análise formântica em indivíduos surdos e relação formântica e alterações patológicas e cirúrgicas do trato vocal.

No capítulo 4, há uma descrição das evidências científicas que investigaram o efeito de técnicas vocais em indivíduos disfônicos e não-disfônicos.

O capítulo 5 descreve como a pesquisa foi realizada, refere-se aos aspectos metodológicos empregados nesta dissertação.

Os resultados e a discussão encontram-se no capítulo 6, a partir da divisão em 3 experimentos para melhor explanação e publicação dos achados.

2. A TEORIA FONTE-FILTRO: UMA REVISÃO INTEGRATIVA

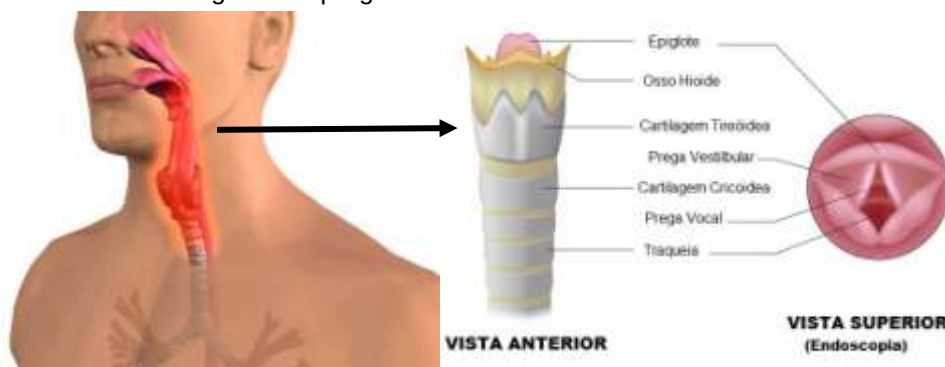
A teoria fonte-filtro é um norte metodológico e exemplificador da comunicação humana. Desde 1958, a partir das publicações de Chiba e Kajiyama, seguida por Fant (1960), Flanagan (1972) e Stevens (1998), ocorreu uma crescente investigação até os dias atuais com novas descobertas científicas em diversas populações de estudo, tanto em seres humanos (Jl *et al.*, 2017; MAXFIELD; PALAPARTHI e TITZE, 2017; LIAO, 2016; TITZE, RIEDE E POPOLO, 2008), como em aves e outros vertebrados (FAVARO *et al.*, 2017; 2016; PISANSKI *et al.*, 2016).

A literatura reflete novos desafios que surgiram para a análise da produção da fala e da comunicação, uma vez que existem diversas alterações que acometem a fonte glótica (COSTA *et al.*, 2013) e os articuladores (COSTA *et al.*, 2016; MOLLAEI *et al.*, 2016). Para tanto, várias pesquisas dispõem como suporte a análise acústica, um procedimento não-invasivo, de baixo custo, de fácil manuseio e que traz informações importantíssimas acerca do que está acontecendo na laringe e na cavidade oral e nasal (NAYAK *et al.*, 2005; CORAZZA *et al.*, 2004).

Para o entendimento da análise acústica se faz necessário a descrição das estruturas e dos mecanismos de produção vocal, visto que, a laringe e o trato vocal supraglótico fornecem informações acústicas que fundamentam a Teoria fonte-filtro (FANT, 1960).

Partiremos de onde o som é produzido: na glote. A glote se encontra em um órgão denominado de laringe. A laringe é um órgão situado no plano mediano e anterior ao pescoço, que é responsável pela proteção das vias aéreas, respiração e fonação (STOREY, 1968). É uma estrutura constituída por cartilagens, ligamentos, músculos e tecido membranoso. As pregas vocais estão localizadas internamente na laringe (como mostra a fig. 1) e para a sua movimentação, segundo a teoria mioelástica aerodinâmica, se faz necessário uma relação entre o sistema respiratório (a pressão subglótica) e os mecanismos laríngeos, garantindo a pressão pulmonar necessária para iniciar o seu movimento oscilatório durante a fonação (BARBOSA E MADUREIRA, 2015; BEHLAU, 2001).

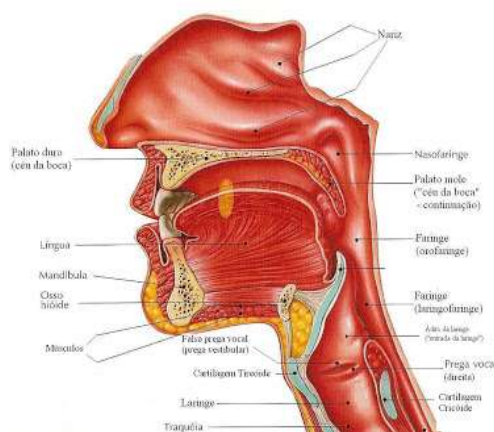
Figura 1- Anatomia da laringe e das pregas vocais



Fonte: adaptada de <http://variedadadybienestar.com> e www.todamateria.com.br

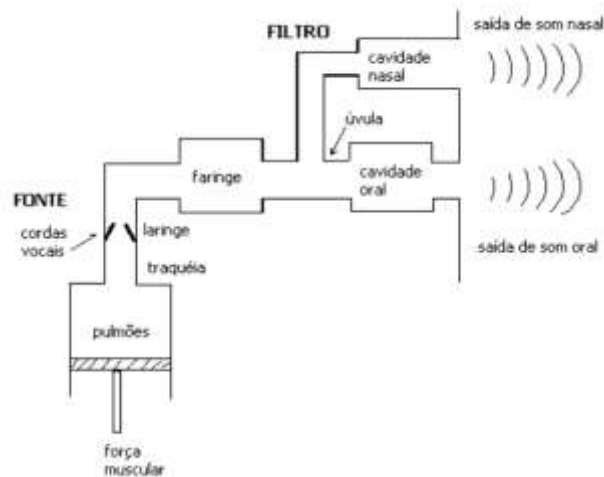
No entanto, o som que a laringe produz ao modular o fluxo de ar não é apenas modificado na fonte glótica, mas também na região supraglotal (a faringe, a língua, as bochechas, os lábios, o palato duro e mole e a cavidade nasal – Fig. 2), conforme o esquema apresentado na fig. 3. Dado que, a fonte de ruído pode ter sua origem relacionada a três fatores: a) vibração das pregas vocais (referindo-se ao vozeamento, onde há produção dos sons vozeados); b) ao ruído turbulento do ar originado por constrição, ou seja, uma fricção no trato vocal (produção dos sons fricativos e oclusivos não vozeados); c) a combinação dos dois fatores citados anteriormente (produção dos sons vozeados com fricção supraglotal) (BARBOSA E MADUREIRA, 2015; KENT, 1970; STEVENS, 1999).

Figura 2 - Anatomia do Trato Vocal Humano



Fonte: NETTER, 2011 (adaptada).

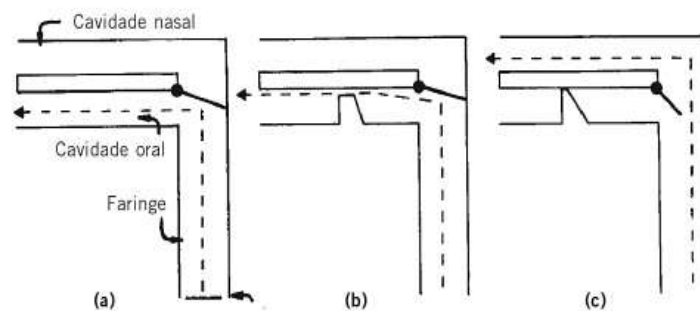
Figura 3 – Diagrama do processo de produção da fala



Fonte: DELLER, PROAKIS & HANSEN, 1993 (adaptada).

Sendo assim, o trato vocal funciona com uma espécie de filtro, ressoando todo som que é produzido na glote, provocando diferentes ressonâncias, na medida em que os articuladores se movimentam. Podemos observar no exemplo abaixo (Fig. 4), onde em a) temos o som advindo das pregas vocais que passa pelo trato vocal sem sofrer interrupções – ocasionado na produção das vogais; em b) temos o som advindo da glote que é interrompido parcialmente pela cavidade oral – ocasionado na produção das fricativas; em c) temos um som, advindo das pregas vocais, que sofre constrição total – ocorrido na produção dos sons nasais (KENT e READ, 2015).

Figura 4 – Modelos dos sons vocálicos, fricativos e nasais produzidos pelo trato vocal



Fonte: KENT e READ, 2015, p. 39.

Dessa forma, a teoria fonte-filtro permite que os pesquisadores descrevam a produção da fala dos indivíduos que transmitem informações acústicas passíveis de mensuração. Uma vez que, existem medidas acústicas específicas da fonte glótica e

do trato vocal que reproduzem os mecanismos fisiológicos e anatômicos durante a emissão de um som (seja uma vogal ou consoante).

Logo, faz-se necessária a explanação dessa teoria nesse trabalho, em virtude da compreensão dos processos acústicos articulatórios envolvidos na fala aliado ao interesse de verificar o estado da arte em que se encontram as pesquisas que envolvem o sinal sonoro, tendo como base o seguinte problema de pesquisa: Qual a perspectiva dos estudos de produção de voz e fala que utilizam por base a teoria fonte-filtro?

A nossa hipótese é que, os estudos de produção de voz e fala tem investigado características específicas da fonte glótica e do trato vocal com base na teoria fonte-filtro.

A seleção dos artigos foi realizada a partir da base de dados Pubmed e Scielo, com consulta a partir das seguintes palavras-chave: “*Theorysource-filter*” e “*Teoria fonte-filtro*”. Os critérios de inclusão para a escolha dos artigos foram os seguintes:

- ✓ Artigos e teses em inglês, espanhol e português;
- ✓ Acesso ao artigo completo;
- ✓ Artigos publicados nos últimos 10 anos.

Já os critérios de exclusão que foram utilizados são:

- ✓ Artigos que não utilizam a teoria fonte-filtro na produção da voz e fala;
- ✓ Pesquisas com animais.

A partir das buscas na literatura, foram encontrados 29 artigos na base de dados Pubmed e 3 artigos na Scielo. Após a leitura do título e do resumo dos artigos, com base nos critérios de inclusão e exclusão já mencionados, foram inclusos 8 artigos para compor essa revisão. Esses dados são observados no fluxograma a seguir (Figura 5).

Figura 5: Fluxograma dos artigos selecionados para a revisão integrativa.



O quadro 1 mostra os artigos que foram selecionados, com a exposição dos aspectos relevantes para alcançar o objetivo dessa pesquisa, com consulta aos autores, título do trabalho e ano, objetivo da pesquisa, amostra, resultados e conclusão. Após sua apresentação, a discussão dos artigos foi exposta didaticamente pelas temáticas existentes em nossos achados, descrevendo as principais evidências encontradas conforme a temática a seguir: 3.1 Teoria linear e não-linear da produção da fala; 3.2 Alterações no trato vocal.

Quadro 1: Descrição dos tipos de estudos de produção de voz e fala, com base na teoria fonte-filtro.

AUTORES, TÍTULO E ANO	OBJETIVO	AMOSTRA	RESULTADOS	CONCLUSÕES
Maxfield L, Palaparthi A, Titze I. New Evidence That Nonlinear Source-Filter Coupling Affects Harmonic Intensity and fo Stability During Instances of Harmonics Crossing Formants. 2016.	Investigar o efeito que as mudanças imprevisíveis nas dimensões do trato vocal poderiam ter sobre a estabilidade e as intensidades harmônicas individuais em situações em que os harmônicos de baixa frequência cruzam os formantes em uma velocidade de deslocamento da frequência fundamental.	5 homens e 3 mulheres foram gravados produzindo deslocamento de f0, com o trato vocal alongado por um tubo de vinil inserido na boca.	A análise acústica dessas gravações revelou que os picos de intensidade harmônica foram assimétricos em 76% dos casos e que 85% das instabilidades de f0 foram alinhadas com um cruzamento de um dos quatro primeiros harmônicos com os três primeiros formantes. Esses resultados fornecem evidências adicionais de que a dinâmica não linear no relacionamento fonte-filtro pode afetar a estabilidade e as intensidades harmônicas à medida que os harmônicos atravessam a largura de banda formante.	As relações não-lineares de fonte-filtro podem ser capazes de impactar a fonação humana. O alongamento do trato vocal causou o efeito desejado de baixar todos os formantes de forma previsível. No entanto, essa redução também aumentou a probabilidade das interações entre os harmônicos dominantes e os primeiros formantes. Este estudo revelou também que a dinâmica não-linear é capaz de desestabilizar a vibração das pregas vocais.

Liao JS. An Acoustic Study of Vowels Produced by Alaryngeal Speakers in Taiwan. 2016.	Investigar as propriedades acústicas de 6 vogais Taiwan Southern Min (/ i, e, a, ɔ, u, ə /) produzidas por 10 falantes com laringe saudável (LA), 10 falantes com laringe artificial pneumática (PA) e 8 falantes com voz esofágica (ES).	10 falantes com laringe saudável (LA), 10 falantes com laringe artificial pneumática (PA) e 8 falantes com voz esofágica (ES).	Os oradores com laringe artificial e com voz esofágica apresentaram valores do primeiro e do segundo formante maiores que os falantes com laringe saudável para cada vogal. A distância é significativamente mais curta entre os pares das vogais / i, a / e / i, u /. PA e ES têm a área do espaço das vogais (a, i e u) significativamente menor em comparação com LA.	Os falantes alaríngicos têm os valores da frequência dos formantes mais altos do que LA, porque eles têm um trato vocal reduzido como resultado de sua laringectomia total. Além disso, as frequências de ressonância são inversamente relacionadas ao comprimento do trato vocal (com base na suposição da teoria do filtro fonte). PA e ES têm a área do espaço das vogais (a, i e u) menor e distâncias mais curtas entre as vogais em comparação com LA, o que pode estar relacionado à inteligibilidade da fala.
Ali Z, Elamvazuthi I, Alsulaiman M, Muhammad G. Detection of Voice Pathology using Fractal Dimension in a Multiresolution Analysis of Normal and Disordered Speech Signals. 2016.	Investigar as contribuições de diferentes bandas de frequência para detecção de patologia através de análise de multi-resolução dado que a fonte da voz geralmente interage com o trato vocal de forma não linear.	21 homens e 32 mulheres com vozes normais e 70 homens e 103 mulheres com vozes patológicas (nódulos, pólipos, paralisia adutora e leucoplasia). A idade média para homens e mulheres com voz normal é de 38,81 e 34,1 anos, respectivamente. Já para os indivíduos com voz patológica, a idade média para homens é de 41,71 anos e para mulheres é de 37,58 anos.	A análise de multiresolução do sinal de fala demonstra um padrão irregular em amostras patológicas, especificamente em um espectro da faixa de frequência de 1-1562 Hz. Esta banda também fornece a maior precisão de detecção ($91,28\% \pm 0,4$) do que qualquer outra faixa de frequência. O padrão irregular é devido à natureza mais transitória da forma de onda anormal do que a forma de onda normal, ocorrendo como resultado da vibração anormal das pregas vocais.	Os resultados experimentais mostram que a dimensão fractal captura com sucesso o comportamento transitório da fala desordenada e leva a uma caracterização do sinal em classes normais e patológicas.
Oliveira M, Pacheco V. Características fonéticas e contrastes fonológicos em dados de fala de pessoas com down: perspectiva da geometria de traços. 2016.	Verificar em que medida características fonotóricas peculiares aos sujeitos com SD (Síndrome de Down) alteram ou não a qualidade das vogais produzidas por eles e se essas características trazem ou não implicações para o sistema vocálico, baseado na Teoria Fonte-Filtro, de Fant	8 sujeitos no total, distribuídos entre: 04 sujeitos com Down, naturais e moradores de Vitória da Conquista/BA, com faixa etária entre 17 e 31 anos, dos sexos masculino e feminino, leitores, que frequentaram ou frequentam o ensino regular; 04 sujeitos sem Down, da mesma faixa etária, igualmente leitores, que frequentam ou frequentaram o ensino regular.	As características anatômicas de sujeitos com SD comprometem contrastes fonológicos que expressam pequenas diferenças articulatórias segmentais. Oposições que expressam diferenças extremas são garantidas na fala desse sujeito. Nesse sentido, podemos afirmar que contrastes que envolvem trajetórias articulatórias mais	Em meio as suas especificidades anatômicas, os sujeitos com Down ajustam trajetórias articulatórias de modo a garantir os contrastes vocálicos de maior demanda, como todo e qualquer falante.

	(1960), para análise do espaço vocálico de pessoas com Down em comparação ao de pessoas sem a síndrome.		finas podem não ser tão evidentes na fala desses sujeitos, mas contrastes fonológicos responsáveis pela delimitação de sentido – vogais abertas versus vogais fechadas - traço de abertura, vogais anteriores versus vogais posteriores – traço de ponto – estão presentes na produção dos sujeitos com Down pesquisados.	
Mollaei F, Shiller DM, Baum SR, Gracco VL. Sensorimotor control of vocal pitch and formant frequencies in Parkinson's disease. 2016	Investigar se impedimentos sensório-motores da doença de Parkinson (DP) afetam a frequência fundamental e os parâmetros dos formantes da fala.	Quinze indivíduos com doença de Parkinson (6 do sexo feminino, 9 do sexo masculino, idade média: 65,87) e 15 participantes saudáveis do controle compatíveis com idade e gênero (6 mulheres, 9 homens, idade média: 63,13).	Em comparação com o grupo controle, com relação à idade, os indivíduos com DP exibiram uma resposta compensatória maior às perturbações de frequência fundamental, em particular em resposta à menor alteração de magnitude. Em contraste, o grupo com DP apresentou redução de compensação para as primeiras perturbações de frequência de formantes.	Os resultados demonstram que o comprometimento do processamento neural da DP afeta diferencialmente o processamento do feedback auditivo para o controle da frequência fundamental e o formante. A modulação aumentada da frequência fundamental em resposta as perturbações auditivas pode refletir uma alteração sensorial devido a déficits somatossensoriais associados à laringe, enquanto a capacidade reduzida de modular os formantes das vogais pode ser resultado da alteração na ativação da musculatura orofacial.
Costa WCA, Costa SLNC, Assis FM, Aguiar Neto BG. Classificação de sinais de vozes saudáveis e patológicas por meio da combinação entre medidas da análise dinâmica não linear e codificação preditiva linear. 2013.	Investigar o potencial discriminativo de medidas oriundas da análise dinâmica não linear, para classificar sinais de vozes saudáveis e patológicas, bem como distinguir qual patologia está afetando a qualidade vocal.	Foram selecionados 130 sinais, sendo os 53 sinais de vozes saudáveis e 77 sinais de pacientes com patologia na laringe (31 com edema de Reinke, 28 com paralisia e 18 com nódulos).	O expoente de Hurst foi o parâmetro mais eficiente em capturar as desordens vocais presentes nos sinais de vozes patológicas, comparadas aos sinais de vozes saudáveis, tendo a maior acurácia no processo de classificação. Com a combinação de medidas, foi obtida a maior acurácia (96,03 ± 4,11), com as medidas entropia de Shannon, entropia de Tsallis, expoente de Hurst e a dimensão de correlação. A análise preditiva linear, comparada às outras	Constata-se-se que as medidas não lineares conseguem capturar bem as desordens vocais provocadas por patologias nas pregas vocais, como nódulos, edemas e paralisia. Os resultados sugerem a viabilidade da técnica empregada para a discriminação entre vozes saudáveis e patológicas em geral, como também entre vozes afetadas por patologias laríngeas distintas como as citadas acima.

			medidas empregadas, mostra-se mais eficaz em discriminar entre patologias. O valor da acurácia aumenta com o aumento da ordem de preditor. Além disso, o desempenho na classificação entre patologias melhora significativamente ao combinar as medidas não lineares com os coeficientes de codificação preditiva linear.	
Titze IR. Nonlinear source-filter coupling in phonation: theory. 2008.	Este estudo desenvolve uma teoria da interação entre a fonte glótica e o filtro do trato vocal na fonação.	Foram utilizadas simulações computacionais. Um modelo de ponto-massa $L \times M \times N$ das pregas vocais foi utilizado para simulação induzida por um fluxo em oscilação auto-sustentada. Onde, L é o número de massas na direção meio-lateral (7 nesta simulação), M é o número de massas na direção ântero-posterior (5 nesta simulação) e N é o número de massas na infero-superior (5 nesta simulação), totalizando 175 pontos de massa.	A teoria prevê que as instabilidades nos modos de vibração podem ocorrer quando os harmônicos passam através de formantes durante as mudanças de frequência ou vogal. Ao contrário da maioria dos instrumentos musicais (por exemplo, WOODWINDS e BRASS), um espectro de fonte harmônica estável não é obtido ajustando harmônicos às ressonâncias do trato vocal, mas sim colocando harmônicos em regiões de reação favoráveis. Isso permite o reforço positivo dos harmônicos pela reação da inércia supraglotal (e em menor grau, compatível com a subglote) sem o risco de instabilidade.	A teoria linear tradicional de fonte-filtro é invadida de possíveis inconsistências no espectro do fluxo glótico, que é mostrado como sendo influenciado pela interação. Todo a origem do espectro das frequências de origem pode (teoricamente) ser produzido sem colisão da prega. Esta descoberta pode ter um impacto na terapia vocal, particularmente para patologias da prega vocal resultantes do estresse excessivo de colisão tecidual.
Titze I, Riede T, Popolo P. Nonlinear source-filter coupling in phonation: vocal exercises. 2008	Identificar a proporção de instabilidades da fonte devido ao acoplamento não-linear de fonte-filtro, realizando três exercícios vocais que representavam uma combinação de várias modulações de frequência fundamental e formante.	16 indivíduos com laringe saudável, sendo nove mulheres (com idade entre 25 e 50 com uma média de 31) e nove homens (variando de idade de 25 a 44 com uma média de 31,6).	Os resultados indicaram que as bifurcações ocorrem mais frequentemente em fonações com cruzamentos $F_0 - F_1$, sugerindo que o acoplamento não-linear de filtro-fonte é parcialmente responsável pelas instabilidades da fonte. Além disso, observou-se que os indivíduos do sexo masculino mostram mais bifurcações nas fonações com cruzamentos $F_0 -$	O acoplamento não-linear da fonte-filtro pode causar uma mudança repentina na amplitude de vibração da prega vocal, que resulta em um aumento da saída de energia do sinal de origem.

			F1, presumivelmente porque, na fala normal, eles são menos propensos a encontrar esses cruzamentos tanto quanto as mulheres e, portanto, têm menos prática na supressão de instabilidades indesejadas.	
--	--	--	--	--

2.1 Teoria Linear e Não-Linear

A teoria linear da produção da fala, baseada em um modelo matemático linear, postula que a energia de saída é um produto da fonte e de um ressoador (filtro), resultando em uma interação entre a glote e o trato vocal. Essas interações geram questões pela linearidade dos fenômenos que ocorrem na produção da fala. Visto que, as estruturas e a musculatura presente no trato vocal possuem propriedades dinâmicas e não-lineares, caminhando para a investigação de um novo princípio, a teoria não-linear (KENT e READ, 2015).

A literatura retrata que as relações não lineares de fonte-filtro impactam a fonação humana, desestabilizando a vibração das pregas vocais. Uma vez que, o alongamento do trato vocal provoca redução nos valores, aumentando as interações entre os harmônicos dominantes e os primeiros formantes (MAXFIELD; PALAPARTHI e TITZE, 2016).

A partir do momento em que as frequências dominantes estão abaixo das frequências dos formantes a fonte glótica é influenciada de maneira superficial pelo filtro. Na medida em que ocorrem interações mais intensas, podem ocorrer bifurcações na dinâmica da vibração da prega vocal gerando saltos na F0, nas frequências sub-harmônicas ou mudanças no nível geral de energia na fonte (TITZE, 2008).

Com o intuito de comprovar a teoria não-linear, Titze, Riede e Popolo (2008) realizaram uma pesquisa com 16 indivíduos com laringe saudáveis com a utilização três exercícios vocais. Como primeiro exercício, os sujeitos foram solicitados a produzir deslizamentos de F0, sendo o padrão de alto a baixo, depois baixo a alto, em quatro vogais (/ɑ/, /æ/, /i/, /u/). O segundo exercício consistiu da emissão constante de vogais e seus retornos (de /i/ para /æ/ e de volta para /i/; e de /u/ para /ɑ/ e de volta para /u/). Já para o terceiro exercício, os sujeitos foram instruídos a

começar com uma vogal /i/ e mudar em glissando descendente para a vogal /æ/, e em seguida retornar para a vogal /i/ em glissando ascendente. Sendo repetido da mesma forma com a transição das vogais /u/ - /ɑ/ - /u/. A partir dos achados, concluiu-se que o acoplamento não-linear da fonte-filtro pode causar uma mudança repentina na amplitude de vibração da prega vocal que resulta em um aumento da saída de energia do sinal de origem.

É possível inferir que, com o acoplamento não-linear ocorre maior potência de saída do sinal, porque a energia armazenada no trato vocal é alimentada de volta à fonte, aumentando a energia de fluxo glotal (TITZE, 1988). No entanto, esse fator pode ocasionar menor estabilidade na glote, interferindo em algumas formas de comunicação. E a instabilidade da fonte devido ao acoplamento não-linear da fonte-filtro acaba sendo maior quando há uma patologia vocal. A assimetria na laringe, nódulos, pólipos, paralisias e outros distúrbios de voz afetam a forma natural de vibração da mucosa de prega vocal, ocorrendo desajustes pelo acoplamento não-linear adicional ao trato vocal (TITZE, RIEDE E POPOLO, 2008).

Ali *et al.*, (2016) investigaram as diferentes bandas de frequência para detecção de patologia (nódulos, pólipos, paralisia adutora e leucoplasia) através de análise de multiresolução dado que, a fonte geralmente interage com o trato vocal de forma não linear. Os resultados experimentais mostram que a dimensão fractal (FD) captura com sucesso o comportamento transitório do discurso desordenado e leva a uma caracterização do sinal em vozes normais e patológicas, fornecendo maior precisão de detecção ($91,28\% \pm 0,4$) na faixa de frequência de 1-1562 Hz. Para melhorar a precisão do sistema, o FD de todos os níveis foi interligado aos parâmetros de Programa de Voz Multidimensional (Multi-Dimensional Voice Program), que forneceram uma precisão de 94,71%.

Nessa mesma perspectiva de detecção dos distúrbios de voz, Costa *et al.*, (2013) constatou que medidas não lineares conseguem capturar bem as desordens vocais provocadas por patologias nas pregas vocais, como nódulos, edemas e paralisia. Existe eficiência em distinguir um sinal saudável de um sinal patológico através da análise de medidas não lineares, como o expoente de Hurst, a entropia de Shannon, a entropia de Tsallis, a dimensão de correlação e a análise preditiva linear. Pode-se concluir que, pela abordagem pelo modelo linear de produção da fala, os coeficientes codificação preditiva linear modelam o trato vocal, consegue

distinguir melhor as especificidades existentes nas patologias analisadas, quando há uma combinação com a abordagem não linear.

2.2 Alterações do trato vocal

As alterações no trato vocal modificam a dinâmica da produção do som, podendo interferir na inteligibilidade de fala (JI *et al.*, 2017), assim como, nas medidas acústicas (JANOTT; SCHULLER e HEISER, 2017). Dentro dessa perspectiva, a literatura mostra que essas modificações podem acontecer desde a retirada de um órgão, que é responsável pela produção do som (LIAO, 2016), até as alterações nas estruturas oromiofuncionais ocasionadas pela Doença de Parkinson (DP) (MOLLAEI *et al.*, 2016).

Os formantes e a área do espaço das vogais em falantes com laringe artificial e com voz esofágica apresentam valores do primeiro e do segundo formante maiores que os falantes com laringe saudável para as vogais (a, i e u), e distância das vogais (a, i e u) significativamente menor em comparação com falantes com laringe saudável. Esses resultados refletem que, o trato vocal reduzido, como resultado da laringectomia total, possui frequências de ressonância inversamente relacionadas ao seu comprimento. É possível inferir também que há uma diminuição do espaço das vogais (a, i e u) estando possivelmente relacionado à inteligibilidade da fala (LIAO, 2016).

Com relação aos indivíduos com Síndrome de Down, a literatura retrata que as características anatômicas de desses sujeitos comprometem contrastes fonológicos que expressam pequenas diferenças articulatórias segmentais. A fala expressa oposições com diferenças extremas, pela alteração na mobilidade, no posicionamento e na anatomia das estruturas dos órgãos fonoarticulatórios. Nesse sentido, os contrastes fonológicos que envolvem trajetórias articulatórias mais finas podem não ser tão evidentes na fala desses sujeitos, mas contrastes fonológicos responsáveis pela delimitação de sentido – como vogais abertas *versus* vogais fechadas - traço de abertura, vogais anteriores *versus* vogais posteriores – traço de ponto – estão presentes na produção dos sujeitos com Down (CORBERA e ANGEL, 2012; COSTA *et al.*, 2016).

Costa *et al.* (2016) pesquisaram características fonatórias peculiares aos sujeitos com Síndrome de Down, e encontrou que as especificidades anatômicas

dos sujeitos com Down alteram os padrões formânticos das vogais, podendo trazer para o ouvinte uma dificuldade de compreensão. No entanto, não há comprometimento do ato comunicativo, uma vez que, em suas realizações sonoras, as características acústico-articulatórias das vogais estão garantidas, ajustando trajetórias articulatórias de modo a garantir os contrastes vocálicos de maior demanda.

Já Mollaei *et al.*, 2016 investigaram os parâmetros da frequência fundamental (F0) e dos formantes na produção da fala em indivíduos com DP. Estes, diferiram de indivíduos saudáveis em suas respostas compensatórias às alterações de feedback auditivo durante a produção da vogal. A resposta às perturbações F0 foi maior em relação ao grupo controle, em detrimento ao papel dos gânglios da base no processamento de informações auditivas. Em contraste com F0, que envolve a vibração laríngea, o formante requer modificações nos articuladores da fala. Os indivíduos com PD apresentaram uma resposta adaptativa reduzida em comparação com os participantes do grupo controle.

2.3 Algumas considerações

Os estudos de produção de voz e fala vem realizando investigações sobre os distúrbios que envolvem a fonte glótica (ALI *et al.*, 2016; COSTA *et al.*, 2013), como a fonte glótica influencia trato vocal (MAXFIELD; PALAPARTHI e TITZE, 2016; TITZE, 2008; TITZE; RIEDE E POPOLO, 2008), e como uma alteração no trato vocal modifica as medidas acústica e/ou interfere na inteligibilidade de fala (COSTA *et al.*, 2016; LIAO, 2016; MOLLAEI *et al.*, 2016). Todos os estudos utilizaram como base a teoria fonte-filtro, para nortear as análises de produção de voz e fala.

3. UMA REVISÃO DA LITERATURA SOBRE OS FORMANTES E A PRODUÇÃO DA VOZ E FALA

Desde 1941(CHIBA e KAJIYAMA, 1941) as frequências dos formantes são utilizadas para a caracterização da produção de vogais, seja no posicionamento de língua durante a sua produção (RAPHAEL *et al.*, 1979), na dinâmica da articulação das vogais (BAER e ALFONSO, 1982), na produção da voz e do processamento da fala (PARSONS, 1986) e em pesquisas científicas recentes que trazem evidências sobre as dimensões do trato vocal e a influência dos formantes na produção das vogais (WAN, HUANG e ZHENG, 2010; CARTEI, COWLES E REBY, 2012; VALENÇA *et al.*, 2016).

Nos últimos anos, o estudo das vogais orais trazem informações diversificadas que contribuem para diversos campos de atuação, seja do ponto de vista acústico, fisiológico, patológico, entre outros (GAMA e BEHLAU, 2009; GONÇALVES *et al.*, 2009; SVICERO, 2009; BROD e SEARA, 2014;FREITAS *et al.*, 2015; HONG *et al.*, 2016; MAXFIELD, PALAPARTHI e TITZE, 2016), abrangendo especificidades com diferentes aspectos metodológicos resultando em um avanço para a análise da produção da voz e fala.

A produção da voz e fala é considerada como um ato motor individual (COSTA, 2008), caracterizando-se pelo trato vocal humano, um tubo flexível delineado pelos órgãosfonoarticulatórios, que é composto desde a laringe, onde contêm as pregas vocais, até cavidade nasal e oral, envolvendo lábios, língua, dentes, mandíbula, palato duro, palato mole e faringe (BECK, 2006). A vibração das pregas vocais e a modificação do som pelo trato vocal caracterizam as vogais orais.

Acusticamente, os sons vocálicos que mais se distinguem são as vogais /i/, /u/ e /a/, pois no triângulo articulatório proposto por Trubetzkoy (1929) elas ocupam as extremidades. O primeiro formante das vogais /i/ e /u/ apresentam frequência baixa e a vogal /a/ frequência alta dado que, a língua posiciona-se mais elevada na produção das duas primeiras vogais e mais baixa em /a/. O segundo formante tem frequência alta em /i/, baixa em /u/ e média em /a/, justificado pela posição da língua que encontra-se mais avançada para a primeira, recuada para a segunda e numa posição estável para a produção da terceira vogal (LADEFOGED, 2001).

Muitos aspectos estão envolvidos na produção sonora exigindo diversas habilidades coordenadas e refinadas de movimentos (HOCEVAR-BOLTEZAR,

BOLTEZAR e ZARGI, 2008), envolvendo também a fisiologia de diversas estruturas do aparelho da fala, logo, ela emerge como uma fonte de pesquisa para a compreensão de todos os fatores que estão interligados ou dissociados.

Sendo assim, surge o interesse de buscar novas evidências científicas com o objetivo de investigar se os formantes das vogais orais descrevem os diferentes aspectos da produção da voz e fala. Para desenvolver este capítulo, foi realizada uma revisão sistemática na base de dados internacional – Pubmed. A busca foi feita em março de 2017 e os estudos foram selecionados com base nos seguintes critérios de inclusão: 1º) publicações realizadas nos últimos 10 anos; 2º) artigos em diversos idiomas, com exceção do chinês; e 3º) acesso ao artigo completo. Como critérios de exclusão foram excluídos artigos que não correlacionassem os formantes à produção da voz e fala. A figura 5 expõe a estratégia de busca realizada para a seleção dos artigos incluídos nessa revisão, e a tabela 1 mostra o tema dos artigos que foram excluídos por não correlacionar os formantes à produção da voz e fala.

As palavras chaves utilizadas foram às seguintes: “formants”, “voice” e “speech”, e os termos correspondentes em português são “formantes”, “voz” e “fala”. Foram localizados 206 artigos no total e após a leitura do título e do resumo, foram selecionados 25 para análise posterior do artigo na íntegra. Para a análise, os artigos selecionados foram submetidos a uma avaliação qualitativa através de um protocolo elaborado pelo pesquisador (Quadro 2).

Figura 6: Fluxograma dos artigos selecionados para a revisão sistemática.



Tabela A: Eixos temáticos dos artigos excluídos

Eixos Temáticos	Artigos excluídos
Impedância do trato vocal	1
Atividade física com idosos	1
Símbolos Matemáticos	1
Maxilectomia Artificial	1
Emoção	1
Estudo com Ratos	1
Nasalidade	1
Efeito da Medicação	1
Entonação + emoção	1
Crianças com Síndrome de Down	1
Qualidade vocal, pitch e F0 no discurso	5
Voz alaríngea	4
Consoantes	5
Oscilação e acoplamento da pressão subglótica	5
Apenas Voz Cantada	17
Percepção	18
Outras informações	20
Total	84

Quadro 2: Protocolo de análise para a leitura dos artigos na íntegra

Referência:
Natureza: desenvolvimento, distúrbio, caracterização de grupos populacionais:
Utilização de outras medidas combinadas com os formantes?
Amostra de fala:
Número de amostra de fala por informante:
População estudada e tamanho da amostra:
Desenho do estudo:
Tipo de análise estatística:
Principal conclusão:

3.1 Revisão da Literatura

A partir do preenchimento do protocolo e da literatura pesquisada foram encontradas diversas temáticas que envolvem a análise dos formantes na produção da voz e fala, descrevendo as patologias que acometem a laringe e o trato vocal, as dimensões do trato vocal, segundo o tamanho corporal, o gênero e a idade, e por fim a produção da fala em indivíduos surdos.

Dessa forma, é necessário discutir os resultados didaticamente segundo quatro aspectos que foram mais prevalentes nos 25 artigos analisados: 4.1.1 Dimensões do

trato vocal e influência dos formantes na produção das vogais; 4.1.2 Alterações na fonte sonora e interferência supraglótica; 4.1.3 Análise formântica em indivíduos surdos; e 4.1.4 Relação formântica e alterações patológicas e cirúrgicas do trato vocal. Antes dessa explanação, há a descrição dos estudos investigados através do título, autor, ano e objetivo da pesquisa, conforme mostra o quadro 3.

A maioria das pesquisas analisadas utilizou a análise dos formantes com a combinação de outras medidas acústicas, tais como, *jitter*, *shimmer*, frequência fundamental, quociente de perturbação da amplitude, perturbação média relativa, proporção harmônico-ruído, entre outros. Dentre os 24 artigos avaliados, nove utilizaram apenas a análise formântica (HOCEVAR-BOLTEZAR, BOLTEZAR e ZARGI, 2008; DROMEY *et al.*, 2008; GOGNIASHVILI, JAPARIDZE e KHUJADZE, 2009; ROY *et al.*, 2009; SAXENA *et al.*, 2014; JAFARI, YADEGARI e JALAIE, 2015; JAFARI *et al.*, 2016; LEME, MARCELINO e PRADO, 2016; VALENÇA *et al.*, 2016). As tarefas de fala dos artigos encontrados nesse estudo incluem vogais sustentadas, vogais em frases veículos e em palavras nas seguintes línguas: Inglês (14 artigos), Português (6 artigos), Espanhol (1 artigo), Árabe (1 artigo), Turco (1 artigo), Persa (1 artigo) e um artigo com tarefas de fala incluindo a língua inglesa, espanhola e polonesa.

Quadro 3: Descrição da temática investigada pelas pesquisas científicas incluídas na revisão.

TÍTULO	AUTORES E ANO	OBJETIVO
Hierarchical Classification and System Combination for Automatically Identifying Physiological and Neuromuscular Laryngeal Pathologies.	CORDEIRO <i>et al.</i> , 2016	Distinguir entre vozes saudáveis e vozes com patologias fisiológicas da laringe (edemas ou nódulos de pregas vocais) e patologias da laringe neuromuscular (paralisia de prega vocal unilateral) com a finalidade criar um sistema de identificação de patologia laríngea.
Volitional exaggeration of body size through fundamental and formant frequency modulation in humans.	PISANSKI <i>et al.</i> , 2016	Investigar se os homens ou as mulheres, de fato, modulam sistematicamente F0 e formantes quando instruídos a alterar deliberadamente seu tamanho corporal aparente.
Margins of tolerance and reference values for the formant vowels for use in voice therapy for the deaf in commercial computer.	LEME, MARCELINO e PRADO, 2016	Identificar as margens de tolerância e os valores de referência para as frequências do primeiro, segundo e terceiro formante, segundo gênero e faixa etária, para as sete vogais do português brasileiro (/a/, /e/, /ɛ/, /i/, /o/, /ɔ/, /u/)
New Evidence That Nonlinear Source-Filter Coupling Affects Harmonic Intensity and <i>fo</i> Stability During Instances of Harmonics Crossing Formants.	MAXFIELD, PALAPARTHI e TITZE, 2016	Avaliar o efeito imprevisível das alterações nas dimensões do trato vocal sobre a estabilidade da frequência fundamental e a intensidade dos harmônicos individuais em situações em que a baixa frequência dos harmônicos se cruzam com os formantes em um deslize da frequência fundamental.
Changes in Oral Vowel Sounds and Hyoid Bone Movement After Thyroidectomy.	HONG <i>et al.</i> , 2016	Avaliar as características acústicas dos sons das vogais orais e alterações no movimento do osso hióide antes e após a tireoidectomia
A Comparison of Persian Vowel Production in Hearing-Impaired Children Using a Cochlear Implant and Normal-Hearing Children.	JAFARI <i>et al.</i> , 2016	Comparar a produção de vogais persas em crianças surdas com implantes cocleares (CI) e em crianças com NH.

Voice Formants in Individuals With Congenital, Isolated, Lifetime Growth Hormone Deficiency.	VALENÇA <i>et al.</i> , 2016	Analisar os formantes de voz (F1, F2, F3 e F4 em Hz) de sete vogais orais do português brasileiro, [a, ɛ, e, i, ɔ, o, e u] em indivíduos adultos com Deficiência Congênita do hormônio do crescimento.
Formant Frequencies and Bandwidths in Relation to Clinical Variables in an Obstructive Sleep Apnea Population.	BENAVIDES <i>et al.</i> , 2016	Investigar possíveis efeitos indiretos ou de variáveis clínicas (índice de massa corporal, perímetro cervical, altura, peso e idade), que podem lançar alguma luz sobre a conexão entre a fala e apnéia obstrutiva do sono.
Acoustic Analysis of Persian Vowels in Cochlear Implant Users: A Comparison With Hearing-impaired Children Using Hearing Aid and Normal-hearing Children.	JAFARI, YADEGARI e JALAIE, 2015	Comparar as frequências dos formantes e o espaço de vogais em crianças surdas de fala persa com implante coclear (IC), crianças com deficiência auditiva com aparelho auditivo (HA) e com audição normal (NH).
Acoustic Correlates of Compensatory Adjustments to the Glottic and Supraglottic Structures in Patients with Unilateral Vocal Fold Paralysis.	JESUS <i>et al.</i> , 2015	Comparar perceptualmente e acusticamente as vozes de sujeitos com paralisia unilateral de prega vocal e as vozes de sujeitos apresentando qualidade normal.
Changes of some functional speech disorders after surgical correction of skeletal anterior open bite.	AMBROŽIČ, BOLTEŽAR e HREN, 2015	Avaliar os efeitos do tratamento da mordida aberta anterior sobre a qualidade da voz, articulação e nasalidade na fala em relação às alterações esqueléticas.
Assessing speech dysfunction using BOLD and acoustic analysis in parkinsonism.	SAXENA <i>et al.</i> , 2014	Investigar as características acústicas e sua correlação com a ativação de BOLD durante a produção de voz/fala em indivíduos com Parkinson.
Effects of septoplasty on speech and voice. J Voice.	OZBAL KOC <i>et al.</i> , 2014	Investigar características acústicas da voz antes e após a cirurgia de septoplastia.
An evaluation of the effects of adenoidectomy on voice and speech function in children.	KARA, ÖZTÜRK e ÖZER, 2013	Avaliar os possíveis efeitos da adenoidectomia sobre as características acústicas e perceptivas.
A preliminary study on the use of vocal function exercises to improve voice in male-to-female transgender clients.	GELFER e VAN DONG, 2013	Investigar os parâmetros acústicos e perceptuais após os exercícios de função vocal de Stemple em indivíduos transgêneros (de homem para mulher) que procuraram a feminização da voz.
Spontaneous voice gender imitation abilities in adult speakers.	CARTEI, COWLES e REBY, 2012	Investigar a capacidade dos indivíduos em fazer ajustes comportamentais na frequência fundamental e nos formantes ao manipular sua expressão vocal com relação ao gênero.
Acoustic and perceptual aspects of vocal function in children with adenotonsillar hypertrophy--effects of surgery.	LUNDEBORG <i>et al.</i> , 2012	Investigar características acústicas e perceptivas após dois tipos de cirurgia de tonsila (tonsilectomia + adenoidectomia ou tonsilotomia + adenoidectomia).
Formant analysis in dysphonic patients and automatic Arabic digit speech recognition.	MUHAMMAD <i>et al.</i> , 2011	Avaliar o reconhecimento de seis tipos diferentes de distúrbios de voz (cistos, doença de refluxo laringofaríngeo, disfonia espasmódica, sulco vocal, nódulos e pólipos) em pacientes falando 10 dígitos árabes.
Acoustic elementary research on voice resonance of Chinese population.	WAN, HUANG e ZHENG, 2010	Investigar o desenvolvimento dos formantes do núcleo das vogais com relação à idade e a diferença de gênero.
Influence of acoustic rhinometry, rhinoresistometry and endoscopic sinus surgery on voice quality.	GOGNIASHVILI, JAPARIDZE e KHUJADZE, 2009	Analisar as características acústicas de vogais sustentadas após cirurgia endoscópica do seio endonasal
Articulatory changes in muscle tension dysphonia: evidence of vowel space expansion following manual circumlaryngeal therapy.	ROY <i>et al.</i> , 2009	Investigar os efeitos da massagem manual laríngea, em indivíduos com disfonia por tensão muscular, sobre a articulação das vogais por meio de medidas formânticas.
The influence of cochlear implantation on vowel articulation.	HOCEVAR-BOLTEZAR, BOLTEZAR e ZARGI, 2008	Investigar as alterações acústicas na articulação de vogais em crianças e adultos surdos após implante coclear.
Articulatory changes following treatment of muscle tension dysphonia: preliminary acoustic evidence.	DROMEY <i>et al.</i> , 2008	Avaliar parâmetros acústico-articulatórios após massagem manual laríngea em indivíduos com disfonia por tensão muscular.
Effects of intensive voice treatment (the Lee Silverman Voice Treatment) on vowel articulation in dysarthric individuals	SAPIR <i>et al.</i> , 2007	Avaliar os efeitos do tratamento vocal intensivo dirigido à intensidade vocal (Lee Silverman Voice Treatment) na articulação de

with idiopathic Parkinson disease: acoustic and perceptual findings.		vogais em indivíduos disártricos com doença de Parkinson idiopática.
Mutational falsetto: intervention outcomes in 45 patients.	DAGLI <i>et al.</i> , 2007	Avaliar os resultados da intervenção terapêutica em pacientes com falsete mutacional, aplicando-se análise perceptiva e acústica antes e após terapia vocal.

3.1.1 Dimensões do trato vocal e influência dos formantes na produção das vogais

Sabe-se que as propriedades da voz e a identidade da vogal são formadas pelas vibrações das pregas vocais e modificadas pelas posições dos articuladores, gerando formantes como consequência das ressonâncias das cavidades oral e nasal. Esse mecanismo de produção do som é baseado na teoria fonte-filtro (FANT, 1970) e associado à identidade acústica das vogais, considerando os dois primeiros formantes as principais frequências para distinguir um som vocálico (GREPL, FURST e PESAK, 2007).

Ao longo da vida, as frequências dos formantes se modificam e possuem valores diferentes em crianças e adultos assim como também em homens e mulheres, constatando que características acústicas do primeiro e do segundo formante são dependentes da parte superior das cavidades de ressonância (AMBROŽIČ, BOLTEŽAR E HREN, 2015). A primeira (F1) e segunda (F2) frequência dos formantes fornecem informações valiosas para a percepção da qualidade da vogal visto que, F1 e F2 formam um triângulo acústico com as vogais /a/, /i/ e /u/, integrando as principais características para analisar o comprimento do trato vocal (WAN, HUANG e ZHENG, 2010).

A partir da busca da literatura, encontrou-se que as ressonâncias vocais (e seus formantes associados) estão inversamente relacionadas com o comprimento do trato vocal, ou seja, o trato vocal mais curto irá originar frequências dos formantes mais elevadas. Nessa perspectiva, em 2010 foi realizado um estudo (WAN, HUANG e ZHENG, 2010) com o objetivo de investigar as características formânticas das vogais em relação à idade e a diferença de gênero. Foram avaliadas 2492 pessoas normais com a gravação das vogais /a/, /i/ e /u/. Os formantes das vogais tiveram diferenças significativas com a idade ($P < 0,05$), tendo geralmente uma tendência decrescente principalmente em F1 e F2, e diferença significativa com o gênero e o núcleo das vogais, existindo correlação paralela entre a tendência de desenvolvimento de F1, F2 e F0.

Outro estudo mais recente (MASAPOLLO, POLKA e MÉNARD, 2016) demonstrou que no espaço da vogal infantil todos os formantes são deslocados para

frequências mais elevadas, enquanto que no adulto, o espaço das vogais é mais extenso, com frequências menores, deslocando os formantes em direções diferentes, e quando a vogal /i/ é produzida por um adulto, F1 é menor e F2 é maior em comparação com uma produção de uma criança.

Através da análise dos formantes, outros estudos encontrados pautaram-se na investigação do gênero e no tamanho corporal aparente. Cartei, Cowles e Reby (2012) e Pisanskiet *al.*(2016) investigaram se os homens ou as mulheres, de fato, modulam sistematicamente a frequência fundamental (F0) e os formantes quando instruídos a alterar a expressão vocal tornando-a mais masculina (condição masculina) e feminina (condição feminina) possível, e o tamanho corporal aparente (pessoa com tamanho pequeno e grande), respectivamente. Homens e mulheres aumentam espontaneamente e sistematicamente o trato vocal e diminuem F0 para imitar um tamanho corporal grande, e reduzem o trato vocal e aumentam F0 para imitar pequenas dimensões (PISANSKI *et al.*, 2016). Com relação à mudança da expressão vocal, houve alteração dos componentes da frequência fundamental e dos formantes, consequentemente alterando a vibração das pregas vocais e o comprimento aparente de trato vocal (CARTEI; COWLES E REBY, 2012).

Sendo assim, pode-se inferir que os falantes possuem o conhecimento de pistas acústicas e fonéticas subjacentes à expressão do gênero na fala e do tamanho corporal aparente, sendo capazes de controlá-las para modular esses atributos. Esse planejamento e controle motor da produção de vogais estão incorporados ao feedback auditivo e consequentemente aos movimentos articulatorios (MUNHALL *et al.*, 2009).

Outras pesquisas recentes analisaram os formantes na investigação da Deficiência Congênita do Hormônio do Crescimento (DCHC) (VALENÇA *et al.*, 2016) e em indivíduos transgêneros (TG) após exercícios para feminização da voz (GELFER e VAN DONG, 2013). Os formantes caracterizaram o comprimento do trato vocal em indivíduos com Deficiência Congênita do Hormônio do Crescimento com valores mais elevados na maioria das frequências sugerindo menores cavidades bucais e faríngeas (VALENÇA *et al.*, 2016). Com relação aos transgêneros, houve um aumento da frequência fundamental e da frequência dos formantes, com valores da frequência de formantes da vogal /i/ em TG semelhantes aos dos sujeitos do grupo controle do sexo masculino (F1: 294.22; F2: 2170.95; F3: 2869.28) no pré-teste (F1: 298.99; F2: 2188.79;

F3: 2640.09), e semelhantes aos sujeitos do grupo controle do sexo feminino (F1: 386.10; F2: 2663.77; F3: 3092.44) no pós-teste (F1: 353.01; F2: 2322.73; F3: 2987.42).

Portanto, de acordo com a descrição das pesquisas científicas, é possível depreender que os formantes particularizam a produção da voz e fala através das dimensões do trato vocal, existindo uma dependência da frequência fundamental em sua produção, uma vez que, com a diminuição da frequência fundamental, há uma diminuição da frequência do formante, e vice versa (DAGLI *et al.*, 2007; GELFER e VAN DONG, 2013; PISANSKI *et al.*, 2016).

As relações das dimensões do trato vocal e das frequências dos formantes podem inferir que há ajustes diferentes com relação ao gênero, ao tamanho corporal aparente e a idade, havendo modificações na abertura de boca e no posicionamento de língua, repercutindo nas cavidades orais e faríngeas (VORPERIAN e KENT, 2007; WAN, HUANG e ZHENG, 2010; CARTEI, COWLES e REBY, 2012; GELFER e VAN DONG, 2013; PISANSKI *et al.*, 2016; VALENÇA *et al.*, 2016; MASAPOLLO, POLKA e MÉNARD, 2016).

3.1.2 Alterações na fonte sonora e interferência supraglótica

Os indivíduos com alteração na fonte sonora geralmente desenvolvem alguns ajustes compensatórios a nível glótico e supraglótico, modificando assim a configuração da voz e do trato vocal. As mudanças na fonte sonora podem influenciar as características do filtro e, conseqüentemente, os padrões de frequência de formantes no trato vocal.

Segundo Jesus *et al.* (2015), os valores da frequência do primeiro formante são mais elevados em indivíduos com paralisia unilateral de prega vocal, a frequência de F1 está inversamente relacionada com o movimento vertical da língua, e valores mais elevados deste formante (em sujeitos com paralisia unilateral de prega vocal) indicam uma posição inferior da língua durante a fonação. Já o segundo formante, que está relacionado com o movimento horizontal da língua, é mais elevado nos indivíduos com alteração na fonte sonora, indicando que poderia haver uma tendência para uma posição mais anteriorizada da língua durante a produção das vogais.

Dromey *et al.*, 2008 afirmam que o impacto de um transtorno de voz pode se estender para além da laringe, a partir da análise de cento e onze mulheres com disfonia

por tensão muscular, submetidas à massagem manual laríngea e gravação das vogais: /i, æ, a, u/. Os resultados deste estudo constataram a redução do primeiro e do segundo formante. Isso pode estar relacionado a um padrão menos alterado de fechamento da prega vocal e compressão supraglótica reduzida (ROY *et al.*, 2009). Verificou-se também que, indivíduos que possuem a frequência fundamental elevada, seja por disфония por tensão muscular (DROMEY *et al.*, 2008) ou por falsete mutacional (DAGLI *et al.*, 2007), possuem diminuição dos ajustes de abertura de boca, assim como um posicionamento de língua mais recuado, no sentido ântero-posterior após intervenção fonoaudiológica.

Com a finalidade de identificar vozes saudáveis, vozes com patologias fisiológicas de laringe (59 indivíduos com edemas ou nódulos de pregas vocais) e vozes com patologias da laringe neuromuscular (59 indivíduos com paralisia de prega vocal unilateral) Cordeiro *et al.* (2016) criou um sistema de identificação de patologia laríngea a partir da análise formântica, utilizando um sistema de classificação para a fala espontânea e vogal /a/ sustentada. A partir dos dados obtidos houve classificação com precisão global de 77,9%, sendo uma porcentagem baixa para o sistema de classificação.

A partir das evidências encontradas na literatura pode-se constatar que as relações não-lineares entre fonte-filtro podem ser capazes de afetar a fonação humana, pois as dinâmicas não-lineares são capazes de desestabilizar a vibração das pregas vocais, uma vez que, a configuração do trato vocal interage com a oscilação das pregas vocais, restringindo assim o funcionamento das pregas vocais durante a fonação (LEE *et al.*, 2013). A interação entre a fonte e o trato vocal ocorre quando as regiões de frequência dos harmônicos cruzam com os formantes ocasionando modificações. Esse fato deve ocorrer devido à capacidade dos indivíduos controlarem a F0 e a intensidade com uma precisão considerável, realizando compensações e interações com a finalidade de manter a estabilidade da voz (MAXFIELD, PALAPARTHI e TITZE, 2016).

É possível compreender que através da análise formântica alguns estudos conseguiram verificar que alterações na fonte sonora interferem na produção da articulação supraglótica (DROMEY *et al.*, 2008; ROY *et al.*, 2009; JESUS *et al.*, 2015; OROZCO-ARROYAVE *et al.*, 2015), podendo ser comprovado também por meio de algum sistema de classificação (CORDEIRO *et al.*, 2016), assim como, por meio de análises acústicas espectrais (KUMAR, BHAT e MUKHI, 2011).

3.1.3 Análise formântica em indivíduos surdos

As medidas formânticas caracterizam-se como parâmetros de análise dos órgãos fonoarticulatórios na produção dos sons da fala. Estas medidas auxiliam num melhor prognóstico e no acompanhamento aos indivíduos com surdez, proporcionando a criação de tecnologias assistivas, parâmetros de análise pós-intervenção e diagnóstico diferencial entre diversos aparelhos de amplificação sonora.

Com a finalidade de posicionar corretamente as estruturas do trato na produção das vogais, estudiosos (LEME, MARCELINO e PRADO, 2016) utilizaram-se dos formantes para criar um suporte visual para surdos na tela de um computador, permitindo o equilíbrio entre a produção de fala destes indivíduos e as referências obtidas de indivíduos sem alteração, com a mesma idade e gênero. Os resultados constataram margens de tolerância e os valores de referência para as frequências dos formantes F1, F2 e F3, segundo gênero e faixa etária, para as sete vogais do português brasileiro (/ a /, / e /, / ε /, / i /, / o /, / ɔ /, / u /). Desta forma, o adulto surdo poderá ter um suporte visual na tela do computador com imagens tridimensionais, para permitir a equalização entre a produção de sua fala e as referências obtidas de indivíduos da mesma idade e gênero.

Pesquisadores apontam (HOCEVAR-BOLTEZAR, BOLTEZAR e ZARGI, 2008) para o aumento do triângulo vocálico a partir de imprecisões articulatórias encontradas em crianças surdas e em indivíduos adultos com o uso do implante coclear. A pesquisa revela influências de F1 e F2 nestas diferentes faixas etárias, culminando na expansão do espaço das vogais de crianças, que foi claramente expressa como um aumento na área do triângulo vocálico.

Em outra perspectiva, pesquisadores compararam as frequências de formantes e o espaço das vogais em crianças com deficiência auditiva pré-linguística (implante coclear IC – 20 crianças e aparelho auditivo AA – 20 crianças) e crianças com audição normal (AN – 20 crianças). Cerca de 1 ano após o implante, os formantes mostraram-se mais próximos aos dos ouvintes AN, e houve a expansão do espaço das vogais ao comparar-se aos ouvintes com deficiência auditiva que utilizavam aparelhos auditivos. Provavelmente, essa condição é devido ao fato de que crianças com IC apresentam um impacto na articulação das vogais, interferindo na posição da língua, especialmente na dimensão frontal para conseguir diferenciação. Devido a falta de

feedback auditivo, as crianças com perda auditiva tendem a sobrearticular e consequentemente aumentar os valores dos primeiros formantes. Neste estudo, os usuários de implante coclear, apresentaram valores F1 e F2 mais próximos dos valores obtidos pelas crianças com AN (JAFARI, YADEGARI e JALAIE, 2015).

As modificações da altura da mandíbula (F1) podem ser percebidas em indivíduos surdos e desta forma pode-se investigar a posição da mesma durante a produção das vogais. Jafari *et al.*, 2016 encontraram que as crianças com IC dependiam mais das mudanças de altura da mandíbula do que as crianças AN. É provável que todas as vogais tenham sido produzidas com mandíbulas mais abertas porque foram observados valores F1 mais altos no grupo IC. Na língua persa, a língua é posicionada em direção ao palato, e a boca é fechada para produzir vogal /i/. Portanto, as crianças com deficiência auditiva produzem tipicamente a vogal /i/ mais aberta do que as crianças normais, influenciados pelos ouvintes. Com relação à F2, as crianças com IC mostraram valores menores para as vogais anteriores e valores maiores para as vogais posteriores, devido à percepção reduzida dos formantes (F2), uma vez que, é difícil perceber a colocação da língua ao longo do eixo ântero-posterior na cavidade oral.

Pode-se concluir que os formantes são utilizados como valores de referência para a produção das vogais, permitindo proporcionar ao indivíduo surdo um referencial para a emissão do fonema nas frequências que tornam o som inteligível e distinguível por um sujeito ouvinte (LEME, MARCELINO e PRADO, 2016); As crianças com implante coclear (HOCEVAR-BOLTEZAR, BOLTEZAR e ZARGI, 2008; JAFARI, YADEGARI e JALAIE, 2015; JAFARI *et al.*, 2016) realizam mudanças na articulação dos formantes expandindo o espaço das vogais, tornando-as mais próximas a produção das vogais dos ouvintes com audição normal.

3.1.4 Relação formântica e alterações patológicas e cirúrgicas do trato vocal

As patologias e as cirurgias do trato vocal podem modificar a fisiologia dos órgãos fonoarticulatórios alterando o mecanismo motor da produção da fala. A partir desse estudo, foi encontrado que existem relações do posicionamento dos órgãos fonoarticulatórios durante a produção da fala na doença de Parkinson, Atrofia do Sistema Múltiplo, Paralisia Supranuclear Progressiva, Apnéia Obstrutiva do Sono,

Mordida Aberta Anterior e em procedimentos cirúrgicos da adenoide, tonsilas palatinas, tireóide e septoplastia.

A doença de Parkinson ocasiona redução na articulação orofacial resultando na variação da transição do segundo formante da vogal. Existem evidências (SAPIR *et al.*, 2007) que postulam modificações nas frequências dos formantes após a intervenção fonoaudiológica, indicando melhora nos movimentos da língua, especialmente na direção ântero-posterior. Além da doença de Parkinson (DP), a Atrofia do Sistema Múltiplo (ASM) e a Paralisia Supranuclear Progressiva trazem prejuízos ao aparelho fonador humano, tais como articulação imprecisa, voz monótona, com redução na variação frequência fundamental. Uma pesquisa (SAXENA *et al.*, 2014) revela que as frequências de formantes são significativamente mais elevadas e possuem uma menor transição no segundo formante na fala dos indivíduos com DP, ASM e PSP, indicando volume reduzido do trato vocal e redução da flexibilidade da língua.

Em outra perspectiva, Benavides *et al.*, (2016) investigaram a influência da Apnéia Obstrutiva do sono (AOS) sobre a fala, correlacionando esta alteração às variáveis clínicas (idade, altura, perímetro cervical). Essa correlação é de grande relevância para a análise formântica, dado que, indivíduos que possuem apnéia do sono ocasionam modificações no posicionamento das estruturas oromiofuncionais, principalmente da língua. Os resultados desta investigação indicam claramente que existe apenas uma correlação pobre entre as frequências dos formantes e as variáveis clínicas na população de AOS estudada. Ao analisar os formantes, as correlações mais altas embora fracas, são encontradas com idade, altura e perímetro cervical. Essas correlações significativas podem interferir em características acústicas específicas relacionadas à AOS.

Com relação à mordida aberta anterior (MAA), existe comprovação (XUE *et al.*, 2011) que há modificação dos primeiros formantes na cavidade oral nos pacientes com má oclusão. No entanto, Ambrožič, Boltežar e Hren (2015) encontraram que o tratamento cirúrgico da MAA esquelética não modificou as frequências dos formantes. Nesse sentido, a análise dos formantes foi eficaz ao inferir que apesar da correção cirúrgica e da situação esquelética desfavorável do aparelho de fala, deve-se levar em consideração que o transtorno de articulação pré-existente não pode melhorar sem a reabilitação. Nessa mesma concepção, OzbalKocet *al.* (2014) investigaram as medidas formânticas em outra população, após a cirurgia da septoplastia, e foi observado que o

procedimento de septoplastia não altera notavelmente as características acústicas das vogais, pois não apresentaram modificações significativas na produção sonora.

Já as cirurgias do seio endonasal e a tireoidectomia mostraram que existem modificações que podem ser verificadas através de medidas acústicas que trazem informações sobre o trato vocal supraglótico. Com relação à cirurgia do seio endonasal, houve diminuição das larguras de banda dos formantes no pós-operatório e os picos de energia dos formantes aumentam proporcionalmente (GOGNIASHVILI, JAPARIDZE e KHUJADZE, 2009). Já na tireoidectomia (HONG *et al.*, 2016), a média F1 da vogal /e/ diminuiu significativamente até 3 meses no pós-operatório (de 599,72 a 560,67), sendo justificada pela alteração na limitação da abertura da boca, com a posição da língua mais elevada.

Ao verificar o estudo que envolvia a cirurgia da retirada da adenóide (KARA, ÖZTÜRK e ÖZER, 2013) foi observado que há interferência nas frequências das ressonâncias, aumentando um componente de nasalidade na voz, alterando a forma e o tamanho da nasofaringe e do trato respiratório superior. Já para Lundeborg *et al.* (2012) as diferenças acústicas permanecem a mesma após a cirurgia da hipertrofia adenotonsilar. Eles investigaram 77 crianças perceptivamente e acusticamente, com um grupo controle de 57 crianças saudáveis. Após a análise acústica das vogais sustentadas, incluindo a frequência fundamental, o *jitter*, o *shimmer*, a proporção ruído-harmônico, e as frequências centrais dos formantes, observou-se que a qualidade da voz é modificada perceptualmente e acusticamente pela hipertrofia adenotonsilar, porém após a cirurgia, a voz é perceptualmente normalizada, mas as diferenças acústicas permanecem.

Desse modo, com as análises dos artigos científicos publicados nessa temática, entende-se que há correlações entre os formantes e as variáveis clínicas de idade, altura e perímetro cervical dos indivíduos que possuem Apnéia Obstrutiva do Sono, revelando características acústicas específicas (BENAVIDES *et al.*, 2016); Há um aumento nos valores dos formantes na produção das vogais em indivíduos com DP, ASM e PSP apresentando transições formânticas alteradas, indicando modificação nos articuladores dos sons da fala, com redução de abertura de boca e movimentação da língua (SAXENA *et al.*, 2014); Os indivíduos com DP submetidos ao tratamento vocal intensivo dirigido à intensidade vocal possuem melhora na articulação das vogais, evidenciado na análise formântica (SAPIR *et al.*, 2007); A mordida aberta

anterior (AMBROŽIČ, BOLTEŽAR E HREN, 2015) ea septoplastia(OZBAL KOC *et al.*, 2014) não trazem modificações significativas na produção dos sons após a cirurgia. Já a hipertrofia adenotonsilar(KARA, ÖZTÜRK E ÖZER, 2013), a tireioidectomia (HONG *et al.*, 2016) e a cirurgia do seio endonasal(GOGNIASHVILI, JAPARIDZE e KHUJADZE, 2009) modificam a posição dos órgãos fonoarticulatórios, constatados acusticamente, após a realização de cirurgia.

3.2 Considerações Finais

Os estudos apontam que os formantes das vogais orais norteiam e descrevem os diferentes aspectos da produção da voz e fala, uma vez que, demonstram a aplicabilidade dos formantes em revelar informações sobre o trato vocal humano, os aspectos patológicos que envolvem a produção de voz e fala como as alterações laríngeas, esqueléticas e neurológicas, as cirurgias nas cavidades orais e nasais, e por fim, a produção da fala em indivíduos surdos.

4. EFEITO DOS EXERCÍCIOS VOCAIS SOBRE A FONTE GLÓTICA E O TRATO VOCAL

O exercício vocal tem o objetivo de assessorar a produção da fala com uma qualidade de fonte sonora sem desvios, para promover a efetividade da fisiologia laríngea (BRAGA *et al.*, 2006). A realização de exercícios vocais ocasiona modificações fisiológicas tanto na fonte glótica como no trato vocal supraglótico (MAXFIELD; PALAPARTHI e TITZE, 2016), com efeito na prevenção e na reabilitação dos distúrbios de voz (COSTA *et al.*, 2011). No entanto, se faz necessário investigar se exercícios vocais, voltado para a fonte glótica, interfere no trato vocal (como por exemplo, no posicionamento dos articuladores) de indivíduos disfônicos e não disfônicos e se um exercício voltado para o trato vocal ocasiona modificações na glote, nessa população.

A partir da literatura encontrada, realizaremos logo abaixo uma breve descrição das evidências científicas que investigaram o efeito de técnicas vocais em indivíduos com e sem disfonia.

Andrade *et al.*, (2014) encontraram que a fonte secundária de vibração no trato vocal altera significativamente o comportamento das pregas vocais. Os exercícios de *humming*, canudo e firmeza glótica mostraram-se constantes no quociente de contato da eletroglotografia (CQ) e valores da F_0 e do F_1 mais baixos, provocando reatância positiva maior do trato vocal, promovendo uma fonação fácil. Esses exercícios usam uma única fonte de vibração no trato vocal (ou seja, as pregas vocais). Já a vibração de língua, a vibração dos lábios e o LaxVox apresentaram CQ flutuante e valores de F_0 e F_1 mais altos quando comparados aos exercícios constantes (reatância do trato vocal positiva mais baixa, tornando a fonação menos fácil). Estes fazem uso de uma fonte secundária de vibração no trato vocal, o que pode ser considerado como efeito de massagem nos órgãos fonoarticulatórios.

Essas mudanças na supraglote ocasionadas pelo exercício do trato vocal semiocluído provocam redução do primeiro formante, possibilitando à frequência fundamental uma aproximação de F_1 ocorrendo um aumento da reatância inerente do trato vocal resultando em padrão de vibração da prega vocal mais eficiente (STORY, LAUKKANEN E TITZE, 2000).

Uma pesquisa (YAMASAKI *et al.*, 2016) investigou os ajustes do trato vocal de mulheres disfônicas e não disfônicas antes e após o exercício de ressonância com tubo flexível na água, em repouso e durante a fonação usando ressonância magnética. Os ajustes do trato vocal de mulheres disfônicas e não disfônica possuem diferenças, tanto em repouso quanto durante a fonação. A mudança de posição dos articuladores do trato vocal de pacientes com nódulos vocais pode ser ocasionada pelo esforço vocal. Os ajustes do trato vocal em mulheres com nódulos vocais foram caracterizados pela dimensão anteroposterior reduzida da laringe, uma área maior da língua e postura inclinada das pregas vocais com elevação da comissura anterior da laringe vista no plano sagital. O exercício reduziu as diferenças entre os grupos, com a diminuição da inclinação da prega vocal nas mulheres disfônicas.

Outro estudo verificou o nível de pressão sonora (NPS) modal e o tempo máximo de fonação (TMF) da vogal /a/ de 32 mulheres adultas, sem queixas vocais ou afecções laríngeas, antes (M1), imediatamente após (M2) e cinco minutos após a execução da técnica (M3) de *fingerkazoo* (FK). Houve aumento do NPS modal em M2 e em M3, e aumento de TMF em M2 e M3. Portanto, no grupo pesquisado de mulheres adultas sem queixas vocais ou afecções laríngeas, houve aumento do NPS modal imediatamente após três séries de 15 repetições da técnica de FK, mostrando que a técnica pode influenciar a pressão sonora, a *loudness* e a projeção vocal (CIELO; FRIGO e CHRISTMANN, 2013).

Outra pesquisa (FADEL *et al.*, 2016) analisou os efeitos imediatos do exercício de trato vocal semiocluído com tubo LaxVox em cantores, durante três minutos. A amostra foi composta por 23 cantores, estudantes de canto lírico. A maior parte dos cantores referiu melhor emissão pós-exercício, tanto na fala quanto no canto. Não houve diferenças entre emissões pré e pós-exercício nas provas de avaliação perceptivo-auditiva (emissão sustentada, fala e canto). A análise acústica da vogal indicou aumento da frequência fundamental e redução da Proporção *Glottal to Noise Excitation* (GNE) pós-exercício.

Nessa mesma perspectiva de exercícios com tubo, pode-se inferir que há modificação fisiológica na fonte sonora de mulheres sem alteração laríngea ao se realizar a fonação em tubos de vidros. Uma vez que, ele reduz a aperiodicidade da vibração glótica e do ruído, aumenta a energia harmônica e consequente melhora do sinal glótico (LIMA, CIELO e SCAPINI, 2015). Já com o canudo de alta resistência, o

impacto é diferente em mulheres disfônicas e não disfônicas, gerando modificações vocais positivas em mulheres com disfonia comportamental até o 5º minuto de realização, com predomínio de respostas positivas no 3º minuto: menor esforço para falar, aumento do TMF e redução da variabilidade de F0; esses parâmetros vocais pioram com a continuidade do exercício (PAES e BEHLAU, 2017).

Com o pressuposto de que o trato vocal parcialmente ocluído e alongado altera a acústica supraglottal, 10 homens sem treinamento vocal e 10 com treinamento vocal clássico, foram avaliados durante um minuto enquanto falavam em um tubo de ressonância. A partir da eletroglotografia, foi encontrado que o quociente de contato glótico alterou consideravelmente a partir da linha de base para quase todos os participantes durante a fonação do tubo (CHRISTOPHER e DANA, 2012). Em contradição, Hampala *et al.*, (2015), investigou se há mudanças sistemáticas no ajuste da prega vocal após o exercício de fonação em tubo em 2 indivíduos (1 homem e 1 mulher) sem distúrbios de voz, através tomografia computadorizada. Não houve modificações no ajuste da prega vocal durante e após a fonação em tubo.

Para avaliar a configuração laríngea e a qualidade vocal após dois minutos de realização da técnica de firmeza glótica foram avaliados seis pacientes submetidos à laringectomia supracricóide com gravação das amostras de voz em programa computadorizado e nasolaringofibrosopia, antes e após dois minutos de realização da técnica. Após a realização do exercício, houve aumento da amplitude de vibração das estruturas remanescentes em cinco pacientes, redução da soproidade em três e da tensão vocal em dois pacientes (FOUQUET *et al.*, 2012).

Com o objetivo de investigar o impacto vocal e laríngeo após a execução da técnica de vibração sonorizada de língua, vinte e quatro sujeitos, do sexo feminino, sem queixas vocais foram analisados. Todos esses indivíduos foram submetidos ao exame de videolaringostroboscopia, análise perceptivo-auditiva e acústica da voz, antes e após a execução do exercício. Verificou-se diferença estatisticamente significativa para: melhora do tipo de voz; do foco de ressonância vertical; da qualidade vocal; predomínio de sensações positivas; a manutenção dos parâmetros das imagens laríngeas (fechamento glótico, constrição do vestíbulo laríngeo, amplitude e simetria de vibração das pregas vocais); o aumento da frequência fundamental; a melhora de parâmetros da avaliação espectrográfica, em filtros de banda larga e banda estreita e a melhora da constrição medial do vestíbulo,

conforme o aumento do tempo de execução. Portanto, o exercício vocal apresenta modificações sobre a fonte glótica e sobre o filtro ressonantal (SCHWARZ e CIELO, 2009).

Outros autores (PIMENTA *et al.*, 2013) investigaram 30 sujeitos, 12 homens e 18 mulheres sem alterações laríngicas para identificar efeitos imediatos das vibrações sonorizadas e do som basal, por meio de parâmetros acústicos e quimografia de alta velocidade. Foi possível verificar mais efeitos imediatos positivos após as vibrações sonorizadas principalmente em qualidade vocal e pregas vocais de mulheres, com diminuição dos valores de *Jitter* e *shimmer*.

Em outra perspectiva, um estudo investigou o efeito da sobrearticulação sobre a intensidade e a projeção vocal de oito atores amadores. A amostra de fala foi composta por um monólogo de Shakespeare e a tarefa de fala era realizar a leitura com articulação normal, articulação fraca (provocada pelo uso de um bloco de mordida) e sobrearticulação (provocada por uma intervenção de treinamento baseada em Lessac). Vinte estudantes de pós-graduação em patologia da fala ouviram as amostras de fala das diferentes condições e fizeram julgamentos comparativos quanto à articulação, intensidade e projeção. Após a análise dos resultados, evidenciou-se que o grau de articulação tem uma forte correlação positiva com a intensidade de voz percebida. Quando os falantes usavam um estilo de sobrearticulação, seu discurso era percebido pelos ouvintes com maior intensidade e projeção (MYERS e FINNEGAN, 2015).

Pereira *et al.* (2011) investigaram o efeito imediato das técnicas vocais de vibração, som nasal e sobrearticulação na voz e na laringe de mulheres sem queixas vocais. Participaram da pesquisa 32 sujeitos do sexo feminino, com idades entre 20 e 45 anos, sem queixas vocais. Foram submetidos à análise perceptivo-auditiva (vogal /ε/ e fala espontânea), análise acústica e laringoestroboscopia antes e após a realização das técnicas. A análise perceptivo-auditiva revelou melhora significativa dos parâmetros impressão global da voz, rouquidão e estabilidade na vogal /ε/ e articulação na fala espontânea. A análise acústica evidenciou melhora significativa do *jitter* e *shimmer*. A laringoestroboscopia evidenciou melhora no fechamento glótico e melhora na movimentação muco ondulatória das pregas vocais.

Com relação ao tempo de execução do exercício vocal, Silva *et al.*, (2017) verificou o tempo ideal do exercício de vibração sonorizada de língua (EVSL) na voz de 27 crianças disfônicas, entre 04 e 11 anos, com diagnóstico de nódulo ou cisto de pregas vocais. Dessas crianças, onze fizeram parte do grupo experimental (GE) e 16 do grupo controle (GC). Na avaliação perceptivo-auditiva, não houve modificações significativas entre os momentos de execução do EVSL. Na análise acústica, observou-se que o parâmetro ruído diminuiu e o parâmetro GNE aumentou após três minutos de realização do exercício no GE, em comparação com o GC. Portanto, não houve melhora em nenhum dos tempos na avaliação perceptivoauditiva da voz de crianças disfônicas com o EVSL. A análise acústica indicou melhora da qualidade vocal aos três minutos de execução do exercício.

Azevedo *et al.* (2010) investigou o tempo ideal de execução da técnica de vibração sonorizada de língua necessário para interferir nas medidas de perturbação (do ciclo vibratório das pregas vocais) a curto prazo, de frequência fundamental (f_0) e intensidade vocal, em 43 mulheres. Houve aumento na F_0 a partir de três minutos da execução da técnica e na intensidade a partir de um minuto. Houve diminuição do ruído a partir de três minutos de realização da técnica. Os parâmetros de variabilidade da F_0 , jitter, shimmer, nível de ruído glótico e irregularidade não apresentaram diferença entre os períodos comparados. A técnica de vibração sonorizada de língua foi mais efetiva a partir de três minutos.

Com o objetivo de analisar o resultado dos tempos um, três, cinco e sete minutos de execução do exercício vocal sopro e som agudo, em 30 mulheres com disфонia por nódulos vocais (GE) e em 30 mulheres sem queixa de voz (GC), foi realizada a gravação da vogal /a/ e contagem de 1 à 10 antes e após a realização do exercício vocal. A análise perceptivo-auditiva no GE demonstrou melhora do grau geral da disфонia e da soproidade após três minutos e piora destes parâmetros auditivos após sete minutos de realização do exercício. Houve autopercepção do desconforto vocal após sete minutos de realização do exercício no GE. O tempo ideal de prescrição do exercício vocal sopro e som agudo para o grupo das mulheres disfônicas foi de três minutos (MOREIRA e GAMA, 2017).

A partir dessa breve descrição, é possível concluir que os exercícios vocais ocasionam mudanças exclusivamente da fonte glótica e/ou no trato vocal, que possivelmente existe um acoplamento entre a fonte glótica e o filtro ressoador, e

como resultado observa-se modificações na posição dos articuladores. Verifica-se também que o tempo ideal para a realização de um exercício vocal é de 3 minutos.

5. METODOLOGIA

Desenho do estudo

Trata-se de uma pesquisa descritiva, pois analisa a relação entre os exercícios vocais e as medidas formânticas do triângulo vocálico; de intervenção, porque haverá a realização de exercícios vocais; e experimental, pois foram selecionadas variáveis que podem influenciar o objeto (GIL, 1994), uma vez que o objetivo da pesquisa é investigar se o tipo de exercício vocal influencia na modificação no triângulo acústico das vogais.

População de estudo:

Participaram desta pesquisa, enquanto grupo experimental (GE), a população de pacientes atendidos no Laboratório Integrado de Estudos da Voz (LIEV) do Departamento de Fonoaudiologia (UFPB), no período compreendido entre abril e dezembro de 2017, de acordo com os seguintes critérios de elegibilidade:

- ✓ Apresentar laudo otorrinolaringológico de nódulo(s) vocal(is);
- ✓ Sexo feminino, pois há uma maior prevalência de distúrbios da voz nessa população, conforme demonstrado em estudos anteriores (COYLE *et al.*, 2001; ROY *et al.*, 2004; COHEN *et al.*, 2012), assim como pela relação existente entre essa variável e a média da frequência fundamental, que possui uma associação com características anatômicas das pregas vocais, distintas entre homens e mulheres adultos. E também pela relação entre o tamanho do trato vocal e as medidas formânticas (LIMA *et al.*, 2007; GAMA e BEHLAU, 2009; BROCKMANN-BAUSSER *et al.*, 2011).
- ✓ Idade superior a 18 anos e inferior a 65 anos, pelas modificações na fonte glótica e no trato vocal fora dessa faixa de idade (BEHLAU, 2001);
- ✓ Ter habilidade na realização da técnica vocal proposta para esta pesquisa;

- ✓ Não possuir infecções de vias áreas superiores no momento da gravação, o que geraria modificação nas cavidades de ressonância e, consequentemente, mas medidas formânticas (KARA; ÖZTÜRK e ÖZER, 2013);
- ✓ Não possuir frênulo lingual encurtado, disfunção temporomandibular, e/ou alterações estruturais e funcionais dos articuladores, o que modificaria os ajustes do trato vocal supraglótico (BIANCHINI, 2000; SUZART e CARVALHO, 2016);
- ✓ Não possuir alterações cognitivas ou neurológicas que impeçam a realização dos procedimentos de coleta;
- ✓ Não ter realizado terapia fonoaudiológica anteriormente.

Para a composição do grupo controle (GC), foram recrutadas mulheres que se disponibilizassem para a realização da pesquisa, dentre elas estão funcionárias e alunas do curso de Fonoaudiologia da UFPB, que se enquadrassem nos mesmos critérios de elegibilidade acima, com exceção do diagnóstico de nódulos vocais e:

- ✓ Não apresentar queixa vocal na atualidade ou nos últimos seis meses, respondendo negativamente à pergunta “você apresenta um problema de voz atualmente ou nos últimos seis meses?”

O grupo controle foi pareado com o grupo experimental de acordo com os parâmetros de faixa etária, com variação da idade de cinco para mais ou para menos, seguindo uma proporção de um controle para cada caso (1:1).

Dessa forma, a amostra foi composta por 12 mulheres no grupo experimental e por 12 mulheres em um grupo controle. Foram elencadas a partir de uma triagem realizada no Laboratório Integrado de Estudos da Voz (LIEV), sendo posteriormente submetidas à gravação das frases-veículo “Digo papa baixinho”, “Digo pipa baixinho” e “Digo pupa baixinho” e realização de exercícios vocais. Ao final da sessão de coleta, as participantes do grupo controle foram encaminhadas para realização de exame visual laríngeo em serviço público de referência na região, apresentando o laudo por escrito posteriormente.

Materiais:

Para esta pesquisa serão utilizados os seguintes materiais:

- ✓ Microfone cardioide unidirecional, da marca *Senheiser*

- ✓ *Software Fonoview*, versão 4.5;
- ✓ *Software Praat* versão 5.1.44;
- ✓ Canudo de alta resistência

Definição de variáveis:

Variável dependente:

Medida acústica:

- ✓ Frequência dos formantes: valor médio da frequência central dos três primeiros formantes (F1, F2 e F3) das vogais /a/, /i/ e /u/ expressos em Hertz (Hz).

Variável independente:

- ✓ Diagnóstico laríngeo: classificação diagnóstica do exame visual laríngeo do paciente por meio do laudo otorrinolaringológico.
- ✓ Exercício vocal: vibração sonorizada de língua, canudo de alta resistência e sobrearticulação.
- ✓ Minuto de execução do exercício: m0, m1, m2, m3, m4 e m5.

Procedimentos da coleta de dados

Esta pesquisa, cujo objetivo é analisar o triângulo acústico das vogais orais do português brasileiro /a/, /i/ e /u/ pré e pós exercício vocal, foi aprovada na reunião de colegiado do Departamento de Fonoaudiologia da Universidade Federal da Paraíba (ANEXO A) e no Comitê de Ética em Pesquisa do Centro de Ciências da Saúde (ANEXO B), com o parecer de nº2.158.960 e CAAE: 64573817.5.0000.5188.

Após a aprovação, houve o contato com o coordenador do LIEV para solicitar o acompanhamento dos serviços de triagem vocal que são desenvolvidos no laboratório de voz do departamento de Fonoaudiologia. O serviço de triagem vocal atende indivíduos por busca voluntária ou encaminhados por outros serviços. Os procedimentos de triagem são realizados a partir de uma anamnese detalhada, protocolos de autoavaliação e gravação da voz. A partir dessa coleta de dados, os pacientes que possuem o exame visual laríngeo são encaminhados para o atendimento fonoaudiológico, e os que não apresentam o resultado do exame são encaminhados para sua realização em serviço público de referência na região. Para

a composição do grupo experimental, foi realizado o acompanhamento semanal no serviço de triagem com o objetivo de abordar mulheres que tinham laudo conclusivo de nódulo(s) vocal(is) e que se enquadrassem nos demais critérios de elegibilidade dessa pesquisa.

A partir da disponibilidade, foi agendada a sessão para os procedimentos da coleta e consequentemente para a execução da técnica vocal. Ao iniciar a sessão, os objetivos da pesquisa foram apresentados, e com concordância em participar da pesquisa foi assinado o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (ANEXO C).

As mulheres, então, foram submetidas à aquisição dos dados pessoais tais como nome, data de nascimento, idade e profissão. Em seguida, realizou-se uma breve avaliação das estruturas dos articuladores (ANEXO D), investigando a morfologia (nariz, lábios, bochechas, língua, amígdalas, palato duro, palato mole), mobilidade (lábios, língua, bochechas e palato mole), tonicidade (lábios, língua e bochechas), articulação temporomandibular e a presença ou ausência de infecções de vias aéreas superiores (de acordo com o auto relato). O objetivo dessa avaliação foi descartar a presença de desordem temporomandibular, alteração no frênulo lingual, ou qualquer alteração estrutural e funcional que poderia influenciar nos resultados desse estudo, em função da interferência dessas alterações sobre os ajustes articulatórios (BIANCHINI, 2000; MARCHESAN, 2005; SUZART e CARVALHO, 2016).

Em seguida, procedeu-se com a gravação das tarefas de fala. Para tanto, utilizou-se o *software Fonoview*, versão 4.5, da CTS Informática, *desktop Dell all-in-one*, microfone cardioide unidirecional, da marca *Senheiser*, modelo E-835, localizado em um pedestal e acoplado a um pré-amplificador Behringer, modelo U-Phoria UMC 204. As vozes foram coletadas em cabine de gravação, no LIEV, com tratamento acústico e ruído inferior a 50 dB NPS, com taxa de amostragem de 44000 Hz, com 16 bits por amostra e distância de 10 cm entre o microfone e a boca do falante.

Para a coleta das vozes, as mulheres ficaram em pé, situando o pedestal a sua frente, de acordo com a distância preconizada entre a boca e o microfone, conforme descrito acima. Elas foram orientadas a respirar levemente, obtendo ar suficiente para que a produção do som não acontecesse de maneira forçada, o que alteraria a proposta de emissão normal das frases.

Inicialmente, as participantes foram instruídas para a gravação da leitura de três frases-veículo (“Digo papa baixinho”, “Digo pipa baixinho” e “Digo pupa baixinho”), separadamente, contendo os segmentos vocálicos /a/, /i/ e /u/. Estes preferencialmente em contextos CV (consoante - vogal), em sílaba inicial de palavra, não acentuada, com vogal antecédida e sucedida do fonema oclusivo bilabial desvozeado. A escolha dessa frase justifica-se pela pouca influência que estas consoantes têm sobre os formantes das vogais vizinhas (SHANK & WILSON, 2000; BARBOSA e MADUREIRA, 2015) e pela necessidade de se homogeneizar o contexto para todas as vogais. Dessa forma, haverá na medida do possível o controle dos aspectos prosódicos, sem interferências na realização dos sons vocálicos na investigação da distintividade acústica das vogais, em um contexto de inteligibilidade de fala após exercício vocal.

A escolha das vogais /a/, /i/ e /u/ se deu porque acusticamente esses sons vocálicos são os que mais se distinguem, formando um triângulo articulatório ocupando suas extremidades (TRUBETZKOY, 1929), assim como por obedecerem a um padrão formântico de consenso entre os pesquisadores que corresponde às características típicas de vogais que apresentam o máximo e o mínimo de abertura vocálica e de movimento de recuo e de avanço, de abaixamento e levantamento da língua (SOUZA e PACHECO, 2012).

Após essa coleta inicial das tarefas de fala, as informantes foram orientadas quanto aos próximos procedimentos da pesquisa, relativos à execução dos exercícios vocais. Inicialmente, apresentávamos as três técnicas ao indivíduo e solicitávamos que executassem uma vez cada uma delas. Conforme percebíamos a facilidade de execução ou a partir do relato do indivíduo quanto à dificuldade de execução, escolhíamos a técnica que seria executada por esse voluntário. O objetivo desse procedimento foi excluir a possibilidade de que a dificuldade na execução influenciasse nos resultados do estudo.

As mulheres foram orientadas a realizarem o exercício dentro da cabine, por não haver muito esforço ao entrar e sair novamente durante seis vezes, o que poderia interferir no resultado da coleta. Assim, realizou-se o exercício e a gravação vocal em pé para facilitar o manejo entre a orientação do pesquisador e a gravação das vozes. As participantes da pesquisa não relataram desconforto e nem cansaço durante a realização das tarefas.

Para esta pesquisa foram escolhidos três exercícios frequentemente utilizados em terapia vocal e amplamente citados na literatura da área (PIMENTA *et al.*, 2013; MYERS e FINNEGAN, 2015; MAXFIELD; PALAPARTHI e TITZE, 2016): vibração sonorizada de língua, canudo de alta resistência e sobrearticulação.

Para seleção desses exercícios foram utilizados os seguintes critérios:

- Exercícios utilizados rotineiramente em terapia vocal e citados em estudos de intervenção fonoaudiológica na reabilitação dos distúrbios da voz (PINHO, 1998; TITZE, 2006; LIMA, CIELO e SCAPINI, 2015; PAES e BEHLAU, 2017);
- Exercícios cujos princípios fisiológicos de ação descritos na literatura da área envolvessem efeitos definidos e, na medida do possível, independentes, quanto à fonte glótica (PIMENTA *et al.*, 2013), melhora da interação fonte-filtro (MAXFIELD; PALAPARTHI e TITZE, 2016) e modificação na movimentação e posicionamento dos articuladores (MYERS e FINNEGAN, 2015).

Assim, de acordo com o segundo ponto, os três exercícios enfocam basicamente a fonte glótica (vibração de língua), o trato vocal (sobrearticulação) e o acoplamento da fonte e do trato vocal (canudo de alta resistência). O estudo dessas técnicas favorecerá a compreensão da interação entre a fonte sonora e os mecanismos de articulação do som, descrevendo as influências destas para a comunicação, assim como reproduzindo as propriedades físicas inerentes à produção de fala (VOSPERIAN *et al.*, 2015).

Na sequência, a técnica vocal foi executada por cinco intervalos de um minuto (PAES e BEHLAU, 2017; MOREIRA e GAMA, 2017; BEHLAU, 2005), intercalados pela gravação das três vogais sustentadas e três frases-veículo descritas anteriormente. Cada um desses intervalos recebeu a denominação descrita no Quadro 4.

Etapas	TAREFA
Etapa 0	Gravação vocal Inicial
Etapa 1	Realização de 1 min. do exercício
Etapa 2	Realização do procedimento de gravação

Etapa 3	Mais 1 min. do exercício
Etapa 4	Realização do procedimento de gravação
Etapa 5	Mais 1 min. do exercício
Etapa 6	Realização do procedimento de gravação
Etapa 7	Mais 1 min. do exercício
Etapa 8	Realização do procedimento de gravação
Etapa 9	Mais 1 min. do exercício
Etapa 10	Realização do procedimento de gravação

Quadro 4: Tempo de execução do exercício e procedimentos de gravação.

As participantes do grupo controle foram recrutadas após a coleta com o grupo experimental. Tal procedimento foi definido para favorecer a mesma quantidade de informantes em ambos os grupos.

O recrutamento das mulheres do grupo controle se deu a partir da observação da faixa etária de cada participante do grupo experimental. Com base na idade, elas foram contatadas pelo pesquisador e direcionadas para sessão e aos procedimentos da coleta, de acordo com a sua disponibilidade. Após o agendamento, todas as voluntárias do grupo controle seguiram as mesmas etapas dos procedimentos do grupo experimental. Pela viabilidade da pesquisa e pelo acesso dos sujeitos ao LIEV, participaram da pesquisa estudantes e funcionárias do curso de Fonoaudiologia da UFPB.

Desse modo, os voluntários do grupo experimental e o grupo controle foram alocados em três grupos (A, B e C), a depender do exercício vocal executado. Cada indivíduo participou, necessariamente, de apenas um dos grupos. O grupo A, composto por 4 mulheres com nódulos vocais (média de idade ± 35 anos) e 4 sem alteração laríngea (média de idade $\pm 30,75$ anos), executou o exercício de vibração sonorizada de língua, o grupo B, composto por 5 mulheres com nódulos vocais (média de idade ± 36 anos) e 5 sem alteração laríngea (média de idade $\pm 35,8$ anos), realizou o exercício com canudo de alta resistência e o grupo C, composto por 3

mulher com nódulos vocais (média de idade ± 34 anos) e seus respectivos caso controle (média de idade $\pm 34,66$), executaram o exercício de sobrearticulação.

Quanto ao exercício de vibração sonorizada de língua, as participantes foram solicitadas a emitir o som do fonema [r] de forma sustentada em frequência e intensidade confortável autorreferida.

A escolha deste exercício deve-se ao fato de que ele direciona modificações na fonte glótica, ocasionando efeitos imediatos que podem modificar a fisiologia das pregas vocais e consequentemente a qualidade vocal, podendo ser verificado objetivamente através da análise acústica, com a diminuição dos valores das medidas de *Jitter* e *shimmer* (PIMENTA *et al.*, 2013), medidas aerodinâmicas e eletroglotográficas (DARGIN e SEARL, 2015). A realização dessa técnica auxilia na reabsorção das lesões benignas de pregas vocais, modificando o quadro hipercinético encontrado nos casos de nódulos vocais, resultando no aumento da irrigação sanguínea nas pregas vocais, diminuindo as resistências elásticas e viscosas (PINHO, 1998; BEHLAU *et al.*, 2005).

Para a realização do exercício do canudo de alta resistência foi utilizado um canudo de plástico rígido, com comprimento de 8.7 cm e diâmetro de 1.5 mm. As integrantes dos grupos foram orientadas a emitir um som semelhante ao [vu] de modo sustentado em frequência e intensidade confortável autorreferida. Elas foram orientadas que todo o fluxo sonoro saísse pelo canudo, conforme demonstrado pelo pesquisador (COSTA, 2011).

A escolha desse exercício é justificada pelo efeito que ele ocasiona no aparelho fonatório, realizando ajustes nas pregas vocais e no trato vocal, aumentando a interação entre a fonte glótica e o trato vocal supraglótico (PAES, 2013). As pregas vocais vibram de forma mais suave, pois são levemente separadas (abduzidas) pela ação da pressão que fecha a saída de ar gerada dentro do “tubo”. O fluxo aéreo também é reduzido, bem como o impacto do contato entre as pregas vocais, auxiliando também na reabsorção da lesão de massa entre as pregas vocais (TITZE, 2006).

Quanto ao exercício de sobrearticulação, as integrantes do grupo foram orientadas para realizar exagero nos movimentos articulatórios, fazendo uma maior excursão muscular, com grande abertura de boca e maior amplitude de movimentação labial (BEHLAU, 2001), durante a leitura de um texto foneticamente

balanceado, baseado na *Brazilian Portuguese version of Vocal Profile Analysis Scheme – PB-VPAS*(2007),conforme mostra o quadro 4:

General Evaluation of Voice quality	O objeto de estudo da Fonética é essa complexa, variável e poderosa face sonora da linguagem: a fala.
	Na cidade de São Paulo a contribuição que cada grupo étnico ou regional deu à cidade, é vista em cada esquina. Italianos, japoneses, árabes, judeus, portugueses, coreanos e pessoas de todo o país ajudaram e muito a construir esta metrópole. São Paulo é hoje uma metrópole cosmopolita um lugar onde todos se sentem em casa.
	A Roberta gosta muito de comprar livros de fotos de pássaros. Ela também costuma ir ao jardim zoológico para ver suas aves preferidas: a arara, a garça, o sabiá, o periquito, o tico-tico, a coruja e o tucano.

Quadro 5: Texto foneticamente balanceado baseado na *Brazilian Portuguese version of Vocal Profile Analysis Scheme – PB-VPAS*(2007)

A escolha deste exercício foi baseada na fisiologia encontrada durante sua realização, uma vez que, a técnica envolve a movimentação dos articuladores, focando sua atuação no trato vocal, porém com a finalidade de diminuir a hipertonicidade laríngea, melhorando a articulação da fala e a projeção vocal (BEHLAU, 2004).

Extração das medidas acústicas

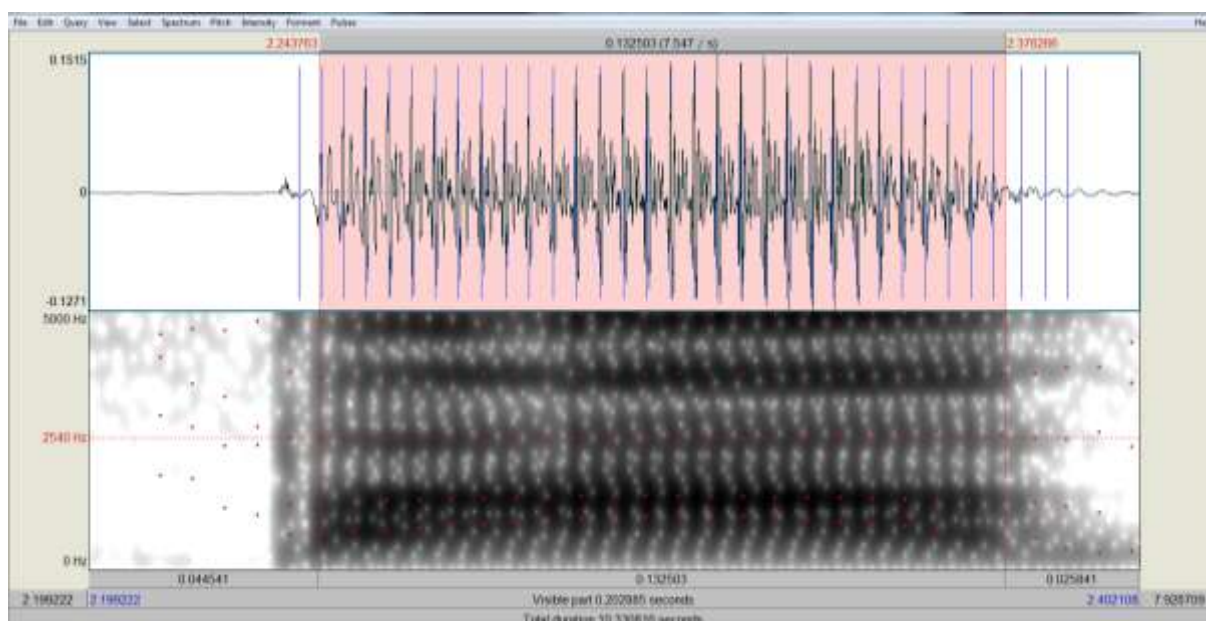
A extração das medidas acústicas foi realizada no *software Praat*, versão 5.3.77h, a partir da representação da vogal em um espectrograma de banda larga.

O Praat é uma ferramenta para a análise de voz, desenvolvida por Paul Boersma e David Weenink, do Institute of Phonetic Sciences, Universidade de

Amsterdã. O programa pode obter-se gratuitamente, fazendo download a partir da página oficial: <http://www.praat.org>.

A segmentação e consequentemente a duração dos sons vocálicos em contextos CV foram segmentados considerando como ponto inicial da vogal, o primeiro pico regular, após a consoante e ao período de transição entre a consoante-vogal, e como ponto final, último pico regular antes da consoante e do período de transição entre a vogal-consoante (BARBOSA e MADUREIRA, 2015), estimando-se uma média de análise de duração de 0,13 segundos, conforme figura 7.

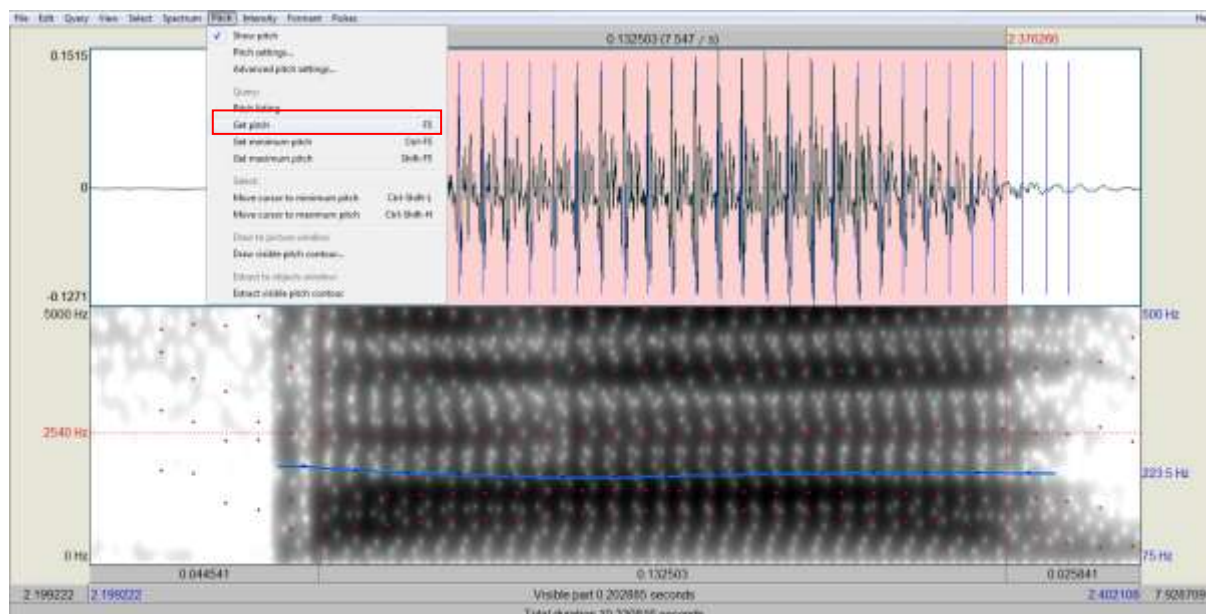
Figura 7: Segmentação do oscilograma e espectrograma de banda larga da vogal /a/ em contexto CV de um falante do sexo feminino sem alteração laríngea



Fonte: dados da autora

Na sequência, a partir da seleção e da segmentação dos sons vocálicos em contextos CV é possível obter a média das medidas acústicas investigadas. Para a extração da frequência fundamental, no Praat, seleciona-se a opção *Pitch* que o conduzirá as opções denominadas *Show Pitch* e *Get Pitch*. Ao selecionar *Show Pitch* aparecerá imediatamente uma linha azul demonstrando a localização da F_0 . Logo em seguida, a opção *Get Pitch* permitirá a visualização da média da frequência fundamental descrita em Hertz(Hz) (Figura 9).

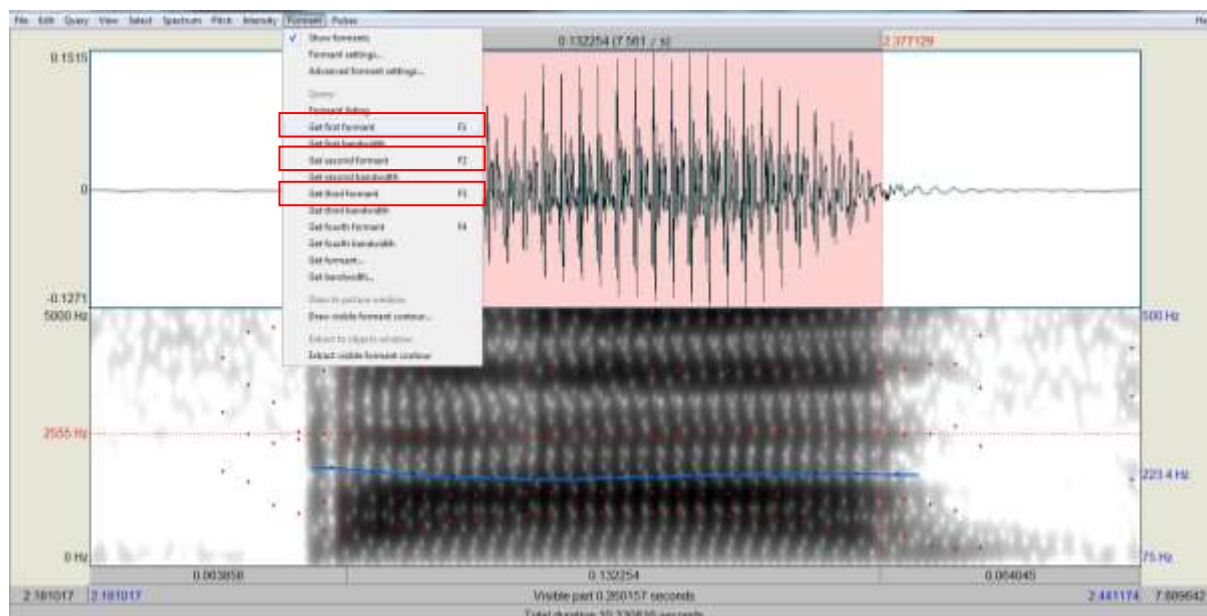
Figura 8: Oscilograma e espectrograma da vogal /a/ em contexto CV de um falante do sexo feminino sem alteração laríngea com aplicação do comando *Pitch>Show pitch*



Fonte: dados da autora

Com relação à aquisição da média do primeiro, segundo e terceiro formante, a opção denominada de *Formant* os conduzirá a uma aba onde aparecerão as opções *Show formant*, *Get first formant*, *Get second formant* e *Get third formant*. Inicialmente deve-se clicar em *Show formant*, para que os formantes apareçam no espectrograma, representados pelos pontos em vermelho. Logo em seguida, ao escolher a opção *Get first formant*, *Get second formant* ou *Get third formant*, respectivamente aparecerá uma nova janela com o valor numérico de F1, F2 e F3 expresso em Hz, conforme figura 9.

Figura 9: Oscilograma e espectrograma da vogal /a/ em contexto CV de um falante do sexo feminino sem alteração laringea, com aplicação do comando *Formant>Show formant*



Fonte: dados da autora

Dessa forma, foram extraídas manualmente as medidas acústicas das vogais estudadas, apresentando confiabilidade dos dados, uma vez que, cada ciclo da onda sonora na produção das vogais pode ser facilmente identificado (SHADLE, NAM e WHALEN, 2016).

Procedimento de análise de dados

Para a análise e discussão dos dados, cada minuto de execução do exercício foi considerado da seguinte forma:

m0	Antes da realização do exercício
m1	Após 1º minuto de execução do exercício
m2	Após 2º minuto de execução do exercício
m3	Após 3º minuto de execução do exercício
m4	Após 4º minuto de execução do

	exercício
m5	Após 5º minuto de execução do exercício

A análise estatística foi realizada considerando medidas descritivas, como média e desvio-padrão, para todas as variáveis independentes analisadas e teste de hipóteses.

Para as comparações entre as diferenças (/a/-/u/; /a/-/i/ e /i/-/u/) de F1 e F2 das vogais com relação aos momentos m0 e m5, considerando cada grupo (experimental e controle), foram utilizados os testes t de Student pareado e Wilcoxon para dados pareados. Quando não satisfeita à suposição de normalidade, o teste t foi substituído pelo não paramétrico de Wilcoxon. Na comparação entre os grupos experimental e controle, com o objetivo de verificar se existe diferença significativa entre as diferenças para momentos m0 e m5, foram utilizados os testes t de Student e o teste não paramétrico de Wilcoxon, considerando amostras independentes.

A comparação entre os momentos m0 e m5 e, posteriormente, em todos os outros (m0,m1,m2,m3,m4 e m5), foi realizada em cada grupo a partir do teste ANOVA para medidas repetidas. Quando não satisfeita às suposições para a aplicabilidade da ANOVA, utilizou-se o teste de Friedman. O teste post hoc de Nemenyi foi utilizado para realizar comparações múltiplas, quando evidenciado alguma diferença significativa entre os momentos. Por fim, na comparação entre os grupos experimental e controle para todos os momentos, foi utilizado o teste U de Man-Whitney.

Todas as análises foram realizadas no *software* R. O nível de significância considerado foi de 5%.

Considerações éticas

O projeto de pesquisa foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos do Centro de Ciências da Saúde da UFPB, com o parecer de nº2. 158.960/2017. O pesquisador se comprometeu em cumprir a Resolução 510/16 do Conselho Nacional de Saúde e a manter sigilo a respeito da identidade dos participantes.

Todos os participantes da pesquisa assinaram o termo de consentimento livre e esclarecido (ANEXO C) e foram informados sobre a ausência de custos e desconfortos para a sua integridade física e moral, assim como a possibilidade de ter suas informações retiradas do estudo no momento em que desejar, sem que seja, de qualquer forma, penalizado por isso.

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados e discussão desse trabalho foram expostos didaticamente em experimentos 1, 2 e 3 para melhor explanação e publicação dos achados.

6.1 Experimento 1

Neste experimento, considerou-se o objetivo de caracterizar o triângulo acústico das vogais orais /a/, /i/ e /u/ de mulheres com e sem alteração laríngea antes da realização de exercícios vocais.

Resultados

Na tabela I são apresentadas as médias, o desvio-padrão e a comparação de F1 e F2 das vogais /a/, /i/ e /u/ entre os grupos GE e GC, no momento m0, sem levar em consideração o exercício vocal realizado.

Na análise comparativa dessas medidas entre os grupos, observa-se que há diferença na medida de F1 para as vogais /a/ ($p=0,0145$) e /u/ ($p= 0,0007$). Houve menor valor de F1 para essas vogais no grupo de mulheres com nódulos vocais. (Tabela I). No Gráfico 1 pode-se verificar valores inferiores dessas vogais em comparação ao grupo de mulheres vocalmente saudáveis.

Com relação a F2, observa-se diferença significativa para a vogal /a/ ($p=0,0007$) devido ao menor valor dessa medida em mulheres com nódulos vocais. Essas diferenças podem ser visualizadas através da comparação entre a configuração do triângulo acústico de mulheres do GE e GC, de acordo com a abscissa do Gráfico 1.

Tabela I – Média, desvio-padrão e comparação entre os grupos experimental e controle pré exercício vocal

Formante	Vogal	Grupo Nódulo Média DP	Grupo Controle Média DP	Momento m0
F1	/a/	804,40±137,39	931,28±83,31	0,0145
	/i/	353,08±47,66	377,32±41,67	0,3474
	/u/	369,01±57,37	465,06±50,97	0,0007
F2	/a/	1377,63±120,70	1471,79±83,21	0,0284
	/i/	2491,65±170,93	2578,58±137,92	0,3777
	/u/	725,32±225,65	726,55±78,93	0,4776

Legenda: m: momento; DP: desvio padrão; F1: primeiro formante; F2: segundo formante

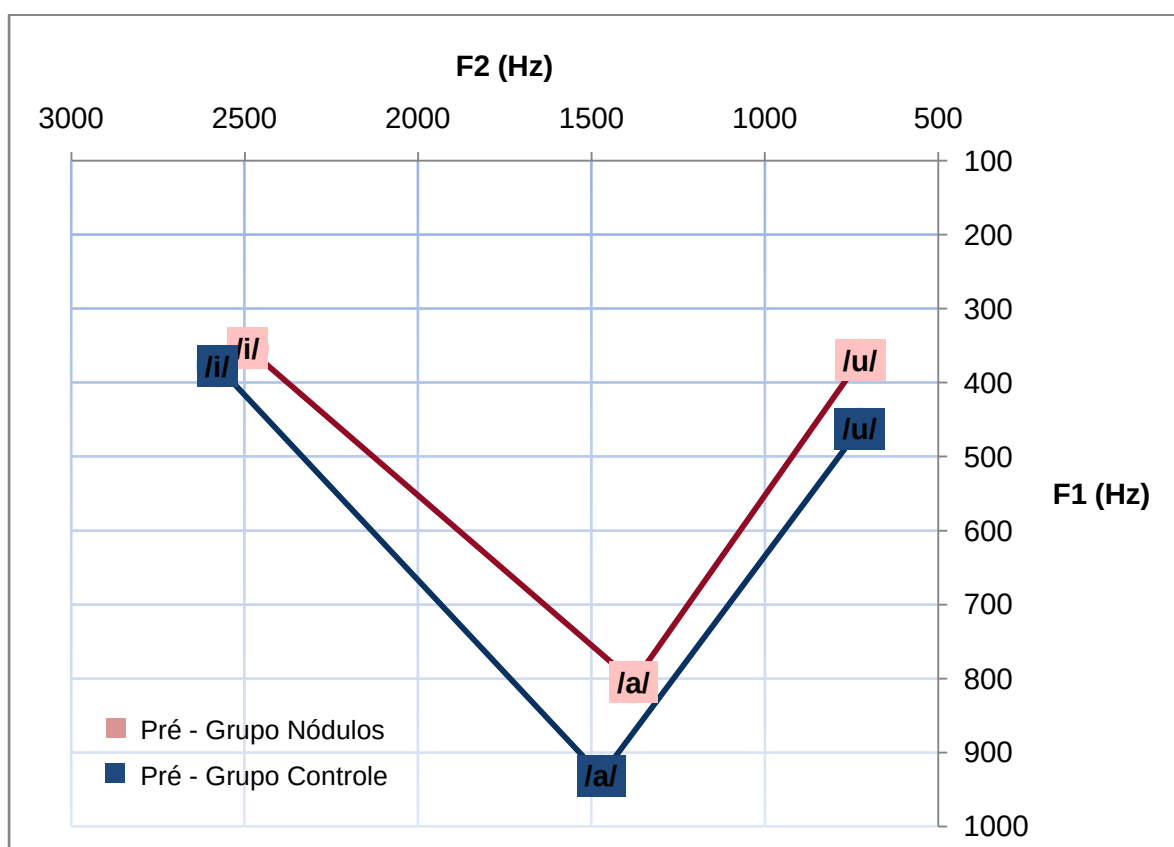


Gráfico 1: Triângulo acústico-articulatório das vogais /a/, /i/ e /u/ do GE e GC no momento pré exercício vocal

Discussão

Os principais resultados desse experimento corroboram com os estudos que evidenciam o acoplamento fonte-filtro e a modificação dos articuladores devido a alteração na fonte glótica (MAXFIELD, PALAPARTHI e TITZE, 2016; JESUS *et al.*, 2015; LEE *et al.*, 2013; DROMEY *et al.*, 2008; DAGLI *et al.*, 2007; CAMARGO, 2002).

A partir Tabela I e da exposição do Gráfico 1, observa-se a distintividade acústica das vogais investigadas antes da realização do exercício vocal. Os valores dos formantes em mulheres com nódulos vocais são menores, em comparação com as mulheres vocalmente saudáveis. Esses valores menores dos formantes em relação ao grupo experimental devem-se ao fato de que possivelmente a mandíbula pode estar mais fechada, com elevação anterior da língua e alargamento da faringe (LEE *et al.* 2013; COSTA, 2008). Assim, uma alteração vocal mostra-se propícia a provocar manifestações não somente em nível da fonte glótica, mas também em articuladores, e essas modificações podem gerar sincronização de gestos glóticos (fonatórios) e supraglóticos (articulatórios), como efeito do impacto da alteração vocal (CAMARGO e MADUREIRA, 2008; GONÇALVES *et al.*, 2009).

O menor valor de F1 para as vogais /a/ e /u/ e de F2 da vogal /a/ no grupo de mulheres com nódulos vocais (Tabela I) sugere língua mais elevada e posteriorizada, a partir dos ajustes dos articuladores, com efeito na faringe e epilaringe (MAXFIELD; PALAPARTHI e TITZE, 2016). Apesar de constituir um tubo razoavelmente uniforme, o trato vocal é um tubo complexo formado primeiramente pela cavidade faríngea, oral, e às vezes nasal. Quando há a presença de lesão laríngea, pode haver alterações nos picos de energia e ocasionar modificações nas frequências dos formantes (CAMARGO 2002).

Sundbeg (1987) e Titze (2006) descrevem que o início das concentrações de energia no trato vocal começa na epilaringe, a porção estreita da faringe localizada imediatamente superior as pregas vocais. Esses autores alegam que essa área forma um tubo de ressonância com uma frequência entre 2500 a 3000 Hz, que coincide com o nível de frequência de um formante.

Segundo Kumar, Bhat e Mukhi (2011) os formantes geralmente possuem valores maiores em pacientes que apresentam fenda glótica. Os nódulos vocais são lesões de massa benigna das pregas vocais que podem interferir no fechamento da prega vocal, produzir vozes com tensão e aperiodicidade no sinal acústico (JIANG *et*

al., 2009). A tensão em região cervical e laríngea pode causar elevação laríngea, redução da abertura de boca e constrição da epilaringe (NALESSO, 2015).

A abertura da mandíbula resulta em constrição do trato vocal próximo à glote, com aumento de F1 (VERHOEVEN, 2017). Em contraste, neste estudo, mulheres com nódulos vocais apresenta mandíbula mais elevada, ocasionada pelo menor valor de F1, na produção das vogais que necessitam de uma abertura máxima (/a/) e mínima da cavidade oral (/u/). No entanto, pode-se evidenciar que a abertura da mandíbula não significa expansão do trato vocal, uma vez que o tamanho do trato vocal, a partir da glote, é delimitado pela expansão posterior na musculatura da faringe. Essa expansão acontece quando há a elevação da mandíbula (BARBOSA e MADUREIRA, 2015).

Com relação à F2, ele é principalmente influenciado pela forma do corpo da língua. A diminuição do seu valor em mulheres com nódulos vocais ocasiona postura de língua levemente posteriorizada e consequentemente laringe abaixada. Há alongamento do trato vocal devido à redução das frequências dos formantes e como efeito têm-se uma qualidade de som um pouco mais escura, em relação às mulheres vocalmente saudáveis (SANTOS, 2010).

Em contraste, segundo Jesus *et al.* (2015), o valor de F2 é mais elevado nos indivíduos com alteração na fonte glótica (paralisia unilateral de prega vocal), o que poderia estar relacionado à uma posição mais anteriorizada da língua durante a produção das vogais. No entanto, os valores da frequência de F1 são mais elevados nesses indivíduos, com possível interferência na posição inferior da língua durante a fonação.

Dromey *et al.*, 2008 afirmam que o impacto de um transtorno de voz pode se estender para além da laringe. Há redução de F1 e F2 das vogais /i, æ, a, u/ de mulheres com disfonia por tensão muscular, submetidas à massagem manual laríngea. Esse resultado pode está relacionado a um melhor fechamento glótico e menor compressão supraglótica (ROY *et al.*, 2009).

Conclusão

Mulheres com nódulos vocais apresentam menores valores de F1 e F2, perceptíveis no triângulo acústico-articulatório das vogais orais /a/, /i/ e /u/, em relação às mulheres vocalmente saudáveis. Essa redução nos valores sugere língua

mais elevada e posteriorizada no grupo GE, com possíveis ajustes na faringe para a produção das vogais investigadas em detrimento à alteração laríngea.

6.2 Experimento 2

Neste experimento, considerou-se o objetivo de caracterizar o triângulo acústico e analisar o espaço das vogais orais /a/, /i/ e /u/ de mulheres com e sem nódulos vocais antes e após a realização do exercício de vibração sonorizada de língua, canudo de alta resistência e sobrearticulação.

Resultados

As Tabelas 1 e 2 apresentam as médias e o desvio-padrão das diferenças de F1 e F2 entre as vogais /a/ - /u/, /a/ - /i/ e /i/ - /u/ nos momentos m0 e m5 de todas as técnicas vocais investigadas. Essas medidas são analisadas em conjunto com as comparações entre os grupos e com os gráficos referentes ao triângulo vocálico.

Tabela 1 - Média e desvio-padrão das diferenças entre as vogais /a/, /i/ e /u/ do grupo experimental nos momentos pré e pós 5 minutos

Exercício	Tempo m0				Tempo m5		
		<i>/a/- /u/</i>	<i>/a/ - /i/</i>	<i>/i/ - /u/</i>	<i>/a/- /u/</i>	<i>/a/ - /i/</i>	<i>/i/ - /u/</i>
		Média DP	Média DP	Média DP	Média DP	Média DP	Média DP
Vibração de língua	F1	533,08±182,57	500,45±150,72	32,63±103,93	397,74±107,21	416,15±120,90	18,40±17,98
	F2	682,44±204,27	1153,32±132,90	1835,76±322,39	654,2±121,80	1021,81±190,52	1676,01±253,65
Canudo alta resistência	F1	350,05±154,38	375,24±150,75	25,19±8,41	344±109,92	372,11±98,29	28,11±29,56
	F2	562,93±296,95	1078,63±279,35	1641,56±425,82	647,10±198,89	1027,80±287,64	1674,90±291,13
Sobrearticulação	F1	447,34±86,17	512,62±114,15	65,28±42,87	458,8±39,26	560,35±62,24	101,55±79,67
	F2	761,10±89,08	1120,59±64,25	1881,69±45,97	634,66±203,23	1206,87±130,93	1841,50±333,48

Legenda: m: momento; DP: desvio padrão; F1: primeiro formante; F2: segundo formante.

Tabela 2 - Média e desvio-padrão das diferenças entre as vogais /a/, /i/ e /u/ do grupo controle nos momentos pré e pós 5 minutos

Exercício	Tempo m0				Tempo m5		
	/a/- /u/		/a/ - /i/	/i/ - /u/	/a/- /u/	/a/ - /i/	/i/ - /u/
	Média DP		Média DP	Média DP	Média DP	Média DP	Média DP
Vibração de língua	F1	433,07±33,53	503,39±40,66	70,32±38,02	385,18±85,89	475,74±116,76	90,56±44,27
	F2	680,42±94,69	1002,12±91,60	1682,55±165,62	631,73±47,87	1042,42±61,66	1674,15±75,07
Canudo alta resistência	F1	491,57±59,06	601,85±68,16	110,27±69,67	443,42±40,80	513,53±73,98	70,10±50,33
	F2	755,13±78,37	1195,64±100,49	1950,78±100,21	697,72±72,27	1173,79±26,60	1871,52±57,68
Sobrearticulação	F1	480,15±98,72	541,55±110,48	61,40±18,13	496,08±84,37	552,67±87,58	56,59±13,08
	F2	815,17±115,34	1098,24±90,67	1913,41±47,31	772,93±70,67	1135,99±70	1908,92±127,90

Legenda: m: momento; DP: desvio padrão; F1: primeiro formante; F2: segundo formante.

Na análise comparativa dessas medidas nos momentos m0 e m5, observa-se que há diferença nas medidas de F1 entre as vogais /a/-/i/ (p= 0,0251) e /i/-/u/ (p = 0,0498) após a execução do exercício com canudo de alta resistência no grupo de indivíduos vocalmente saudáveis (Tabela 3). Houve redução na distância dos valores de F1 entre essas vogais após a execução de cinco minutos de exercício de canudo de alta resistência, no grupo de indivíduos vocalmente saudáveis (Tabela 2). No Gráfico 2 pode-se verificar a diminuição do espaço vocálico entre essas vogais na condição especificada para o grupo saudável.

Tabela 3 - Comparação entre as diferenças de F1 das vogais nos momentos pré e pós 5 minutos

Exercício	Grupo nódulo – p-valor			Grupo controle – p-valor		
	/a/- /u/	/a/ - /i/	/i/ - /u/	/a/- /u/	/a/ - /i/	/i/ - /u/
Vibração de língua	0,1869	0,1083	0,1083	0,3776	0,6224	0,4355
Canudo alta resistência	0,8533	0,9303	0,8386	0,1578	0,0251*	0,0498*
Sobrearticulação	0,8222	0,2912	0,2348	0,7019	0,8038	0,302

Teste t de pareado. *Wilcoxon pareado

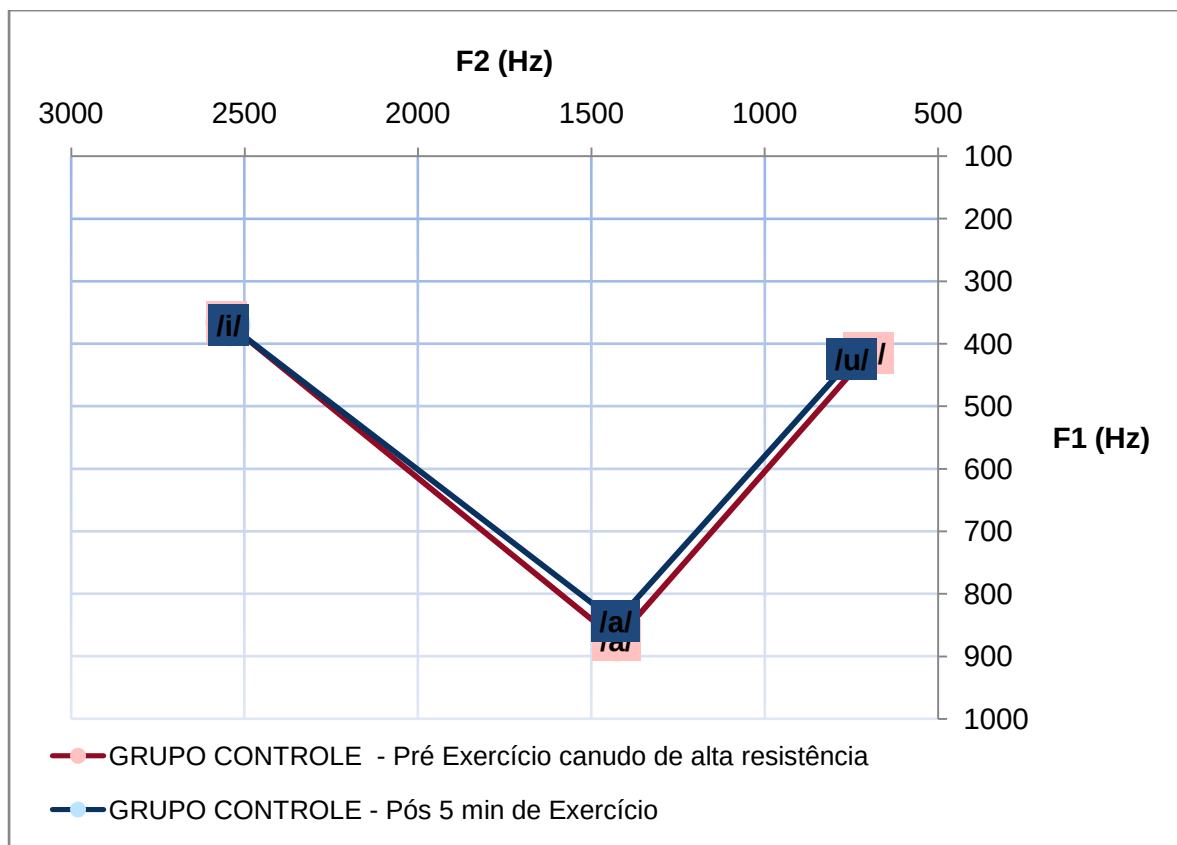


Gráfico 2: Triângulo acústico-articulatório das vogais /a/, /i/ e /u/ do grupo controle do pré após 5 minutos do exercício com canudo de alta resistência

Com relação a F2, houve diferença entre os momentos m0 e m5 para a distância entre as vogais /a/-/i/ ($p = 0,0274$) do grupo com nódulos com a execução do exercício de vibração sonorizada de língua (Tabela 4). Encontrou-se redução do intervalo de F2 entre essas vogais após cinco minutos desse exercício (Tabela 1). No grupo controle, houve diferença entre os momentos m0 e m5 para a distância entre as vogais /a/-/u/ ($p = 0,0463$) e /i/-/u/ ($p = 0,0419$) após execução do exercício com canudo de alta resistência (Tabela 4). Observou-se redução do intervalo de F2 entre essas vogais após cinco minutos desse exercício (Tabela 2). Nos Gráficos 2 e 3 pode-se verificar a diminuição do espaço vocálico entre essas vogais na condição especificada para o grupo controle e experimental, respectivamente.

Tabela 4 - Comparação entre as diferenças de F2 das vogais nos momentos pré e pós 5 minutos

Exercício	Grupo nóduo – p-valor			Grupo controle – p-valor		
	/a/ - /u/	/a/ - /i/	/i/ - /u/	/a/ - /u/	/a/ - /i/	/i/ - /u/
Vibração de língua	0,775	0,0274	0,0857	0,3709	0,1681	0,9081
Canudo alta resistência	0,5448	0,4509	0,693	0,0463	0,6138	0,0419
Sobrearticulação	0,531	0,1675	0,8652	0,2833	0,2833	0,9424

Teste t de pareado. *Wilcoxon pareado

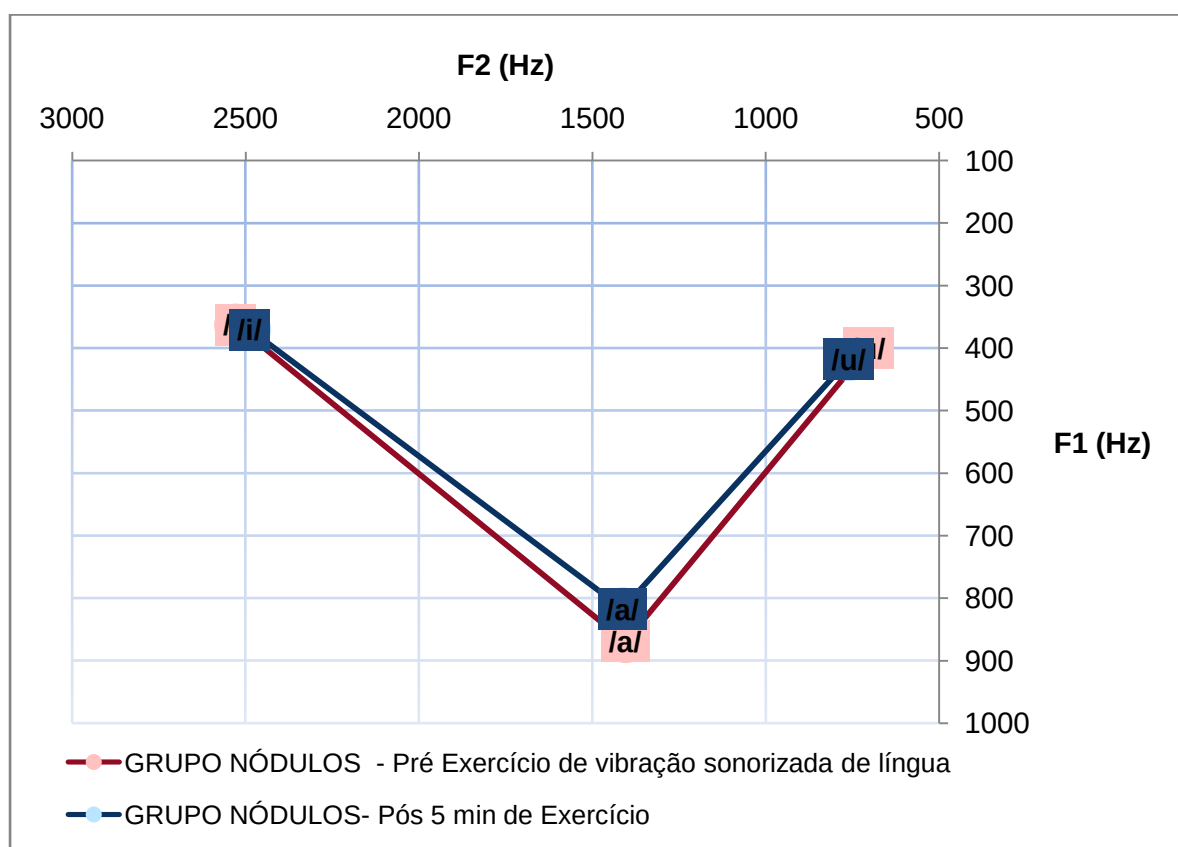


Gráfico 3: Triângulo acústico-articulatório das vogais /a/, /i/ e /u/ do grupo experimental do pré pós 5 minutos do exercício de vibração sonORIZADA de língua

Na sequência, foi realizada comparação entre o grupo experimental e controle quanto ao intervalo de F1 entre as vogais, nos momentos m0 e m5 de execução dos diferentes exercícios. No momento m0, observou-se diferença das medidas de F1 entre os grupos para o intervalo /a/-/i/ (p = 0,02436) e /i/-/u/ (p = 0,04999) para o exercício com canudo de alta resistência (Tabela 5). O grupo controle apresentou maior intervalo de F1 entre as vogais /a/-/i/ e /i/-/u/ em relação ao grupo experimental.

No momento m5, houve diferença das medidas de F1 entre os grupos para o intervalo das vogais /a/-/i/ (p = 0,03517) após execução do exercício com canudo de alta resistência (Tabela 5). O intervalo de F1 entre as vogais /a/-/i/ foi maior nos indivíduos do grupo controle em relação ao grupo experimental.

Tabela 5 - Comparação entre as diferenças de F1 das vogais entre o grupo experimental e controle nos momentos pré e pós 5 minutos

Exercício	Tempo m0 – p-valor			Tempo m5 – p-valor		
	/a/- /u/	/a/- /i/	/i/- /u/	/a/- /u/	/a/- /i/	/i/- /u/
Vibração de língua	0,3556	0,9720	0,1403	0,8612	0,5049	0,0396
Canudo alta resistência	0,1121	0,0243	0,0499	0,1155	0,0351	0,1553
Sobrearticulação	0,6873	0,7683	0,8953	0,5404	0,9081	0,7000*

Legenda: m: momento; Teste t de Student. *Wilcoxon

Ao comparar-se o intervalo de F2 das vogais entre os grupos nos momentos m0 e m5 para os diferentes exercícios, observou-se diferença apenas no m5 para o espaço das vogais /i/-/u/ (p = 0,02857) após exercício de vibração sonorizada de língua (Tabela 6). A média das diferenças entre /i/-/u/ do grupo de indivíduos vocalmente saudáveis é maior do que o grupo de indivíduos com nódulos vocais (Tabela 2).

Tabela 6 - Comparação entre as diferenças de F2 das vogais entre o grupo experimental e controle nos momentos pré e pós 5 minutos

Exercício	Tempo m0 – p-valor			Tempo m5 – p-valor		
	/a/ - /u/	/a/ - /i/	/i/ - /u/	/a/ - /u/	/a/ - /i/	/i/ - /u/
Vibração de língua	0,9865	0,1163	0,4372	0,7490	0,8479	0,0285*
Canudo alta resistência	0,2260	0,4184	0,1821	0,6155	0,5476	0,2076
Sobrearticulação	0,55760	0,7469	0,4519	0,4000	0,3619	0,7684

Legenda: m: momento; Teste t de Student. *Wilcoxon

A partir desses resultados, a diferença entre as médias dos valores de F1 e F2 das vogais podem ser observadas com a configuração dos triângulos vocálicos expostos nos Gráficos 4, 5 e 6.

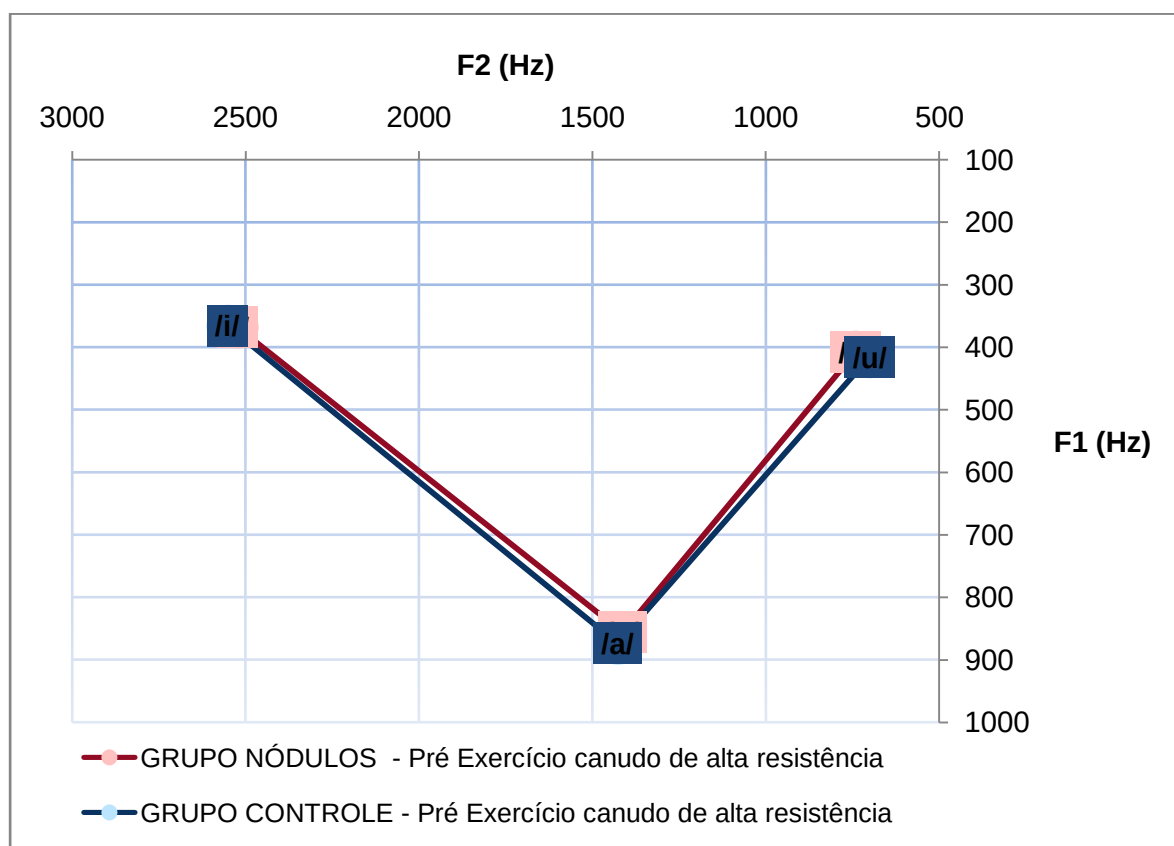


Gráfico 4: Triângulo acústico-articulatório das vogais /a/, /i/ e /u/ do grupo de indivíduos com nódulos e controle antes da realização do exercício com canudo de alta resistência

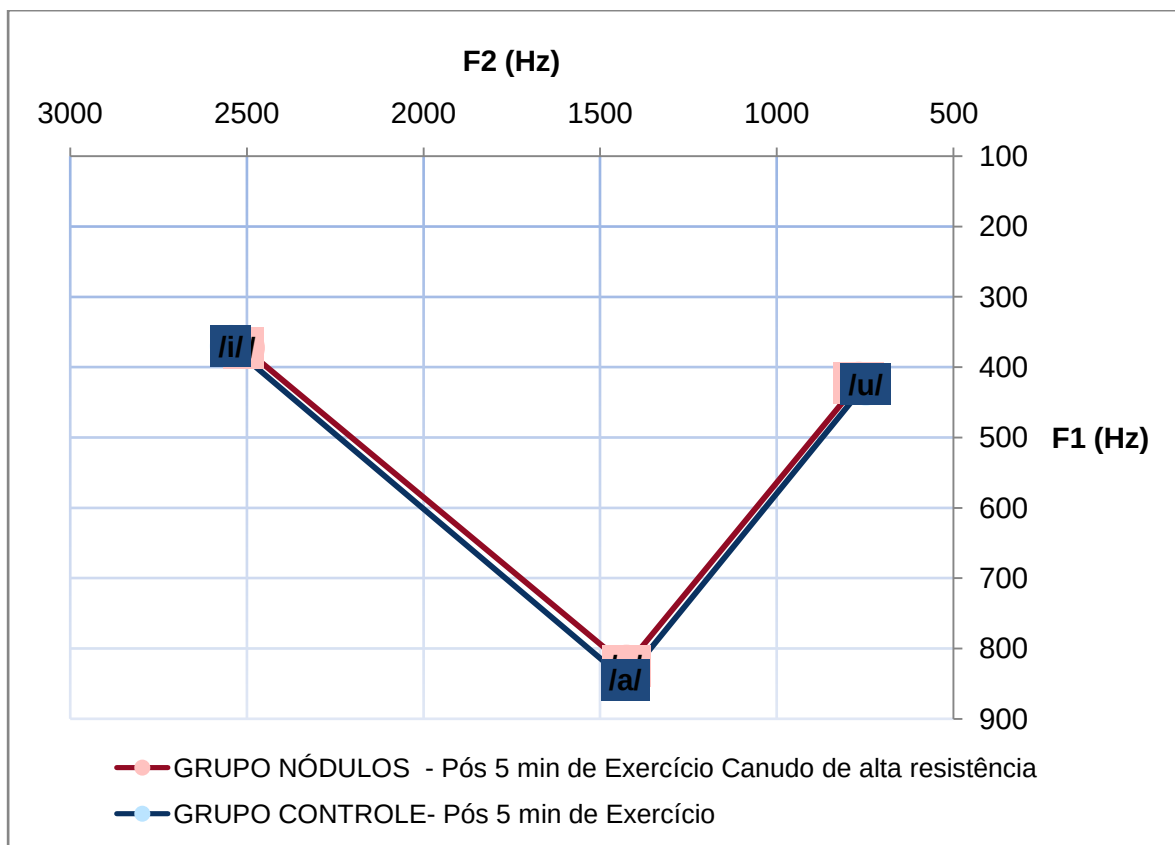


Gráfico 5: Triângulo acústico-articulatório das vogais /a/, /i/ e /u/ do grupo de indivíduos com nódulos e controle pós 5 min. da realização do exercício com canudo de alta resistência

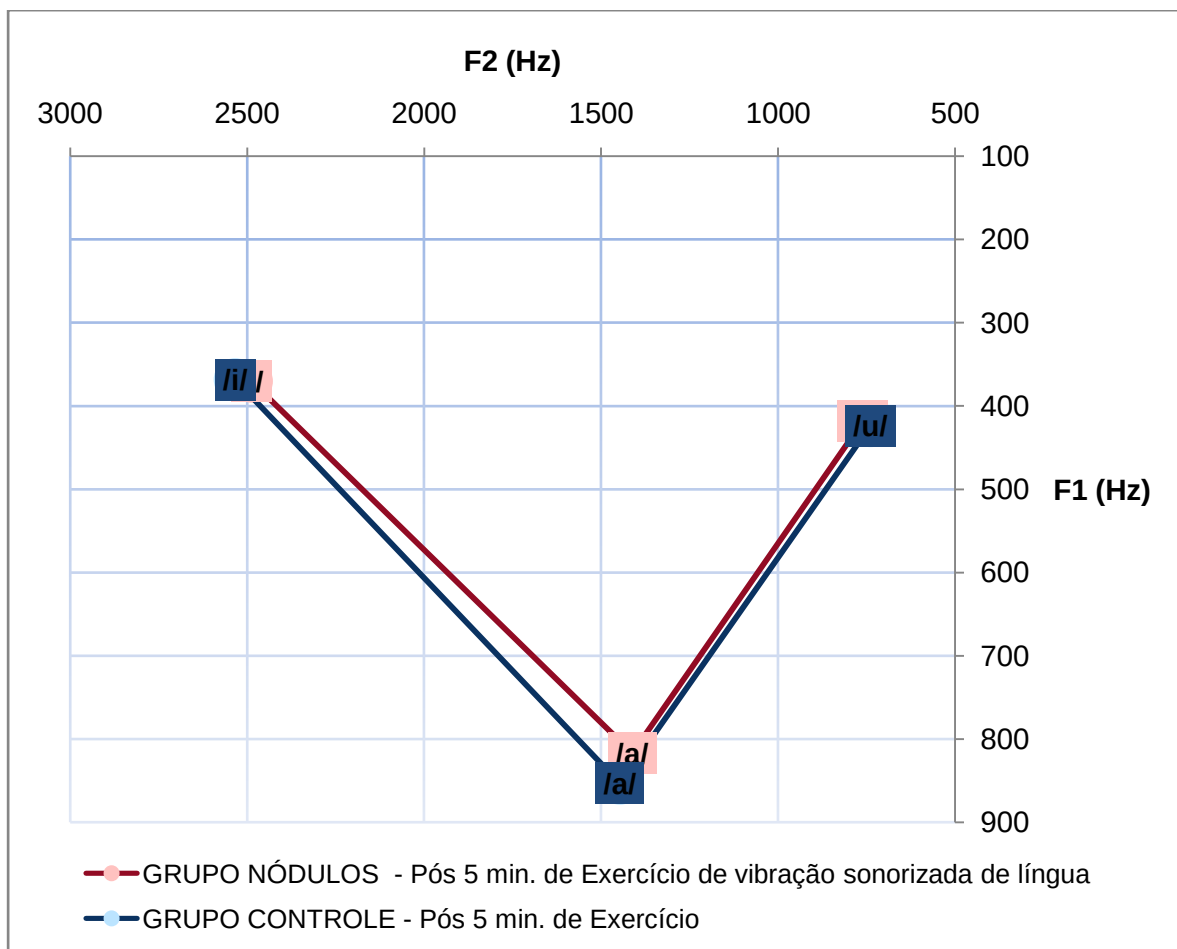


Gráfico 6: Triângulo acústico-articulatório das vogais /a/, /i/ e /u/ do grupo de indivíduos com nódulos e controle pós 5 min. da realização do exercício de vibração sonorizada de língua

Com relação ao exercício de sobrearticulação, não houve diferença significativa na comparação entre os momentos.

Discussão

Dentro da perspectiva da análise acústica e inteligibilidade de fala, e principalmente da relação entre a fonte glótica e o mecanismo de produção articulatório da fala, este experimento busca investigar os aspectos acústico-articulatórios de mulheres com nódulos vocais e volcamente saudáveis, antes e após a realização de três exercícios vocais.

Ao realizar a análise das diferenças vocálicas entre os grupos específicos, de acordo com o exercício vocal realizado e o grupo GE e GC, observou-se que o exercício com canudo de alta resistência em mulheres vocalmente saudáveis, ocasiona redução do intervalo de F1 das vogais /a/-/i/ ($p=0,0251$) e /i/-/u/ ($p=0,0498$)

(Tabelas 2 e 3) e de F2 entre as vogais /a/-/u/ ($p= 0,0463$) e /i/-/u/ ($p= 0,0419$) (Tabelas 2 e 4). Essa redução da distintividade acústica entre o espaço dessas vogais, e consequentemente no triângulo vocálico (gráfico 2), tanto para o posicionamento da mandíbula como da língua, baseado em F1 e F2 (LEE *et al.* 2013) pode ter ocorrido devido ao relaxamento dos articuladores, provocado pelo efeito de massagem nos tecidos moles da boca e laringe (TITZE, 2006; PAES *et al.*, 2013).

Uma vez que a fonação em canudo modifica a impedância acústica do trato vocal, normalmente mais baixa que a da glote, criando uma pressão positiva. Dessa forma, a impedância acústica do trato vocal pode modificar a função vocal em dois níveis: por interação acústico-dinâmica e por interação mecânico-acústica (COSTA *et al.*, 2011). Essa interação pode modificar o posicionamento dos articuladores, como a elevação do véu palatino, aumento da região de orofaringe, e posição da língua apresentando-se mais elevada na região posterior (VAMPOLA *et al.*, 2011). Essas características podem ocasionar menor amplitude na articulação das vogais, pela sobrecarga muscular ou pelo efeito massagem.

Esses achados contrapõem Paes e Behlau (2017), as quais evidenciaram que 7 minutos desse exercício não parece significar sobrecarga para mulheres sem queixas vocais. Porém, na pesquisa não foi informado se existe profissionais da voz incluídos na amostra, o que talvez possa interferir nos resultados e ganhos após exercício.

Ao analisar a tabela 4, observa-se que há redução do intervalo de F2 das vogais /a/-/i/ ($p= 0,0274$) em mulheres com nódulos vocais após 5 minutos de realização do exercício de vibração sonorizada de língua (tabela 1 e 4), com presença de redução do triângulo vocálico, perceptível no gráfico 3. Possivelmente, a língua encontra-se posteriorizada e dorso de língua mais elevada após o exercício, esses ajustes ocasionam redução da distintividade vocálica entre esses segmentos (BARBOSA e MADUREIRA, 2015). Essas modificações podem ter sido geradas pelo impacto vocal e laríngeo (AZEVEDO *et al.*, 2010) provocados pelo exercício, como resultado da primeira região onde o exercício é capaz de modificar: a fonte glótica, com presença de lesão laríngea. O que seria melhor investigado através de medidas específicas de fonte glótica (AZEVEDO *et al.*, 2010).

A fadiga vocal pode ter contribuído para esses achados, uma vez que não houve repouso vocal entre os 5 minutos de execução dos exercícios, apenas um

intervalo para gravação das frases-veículo após 1 minuto de exercício. Uma vez que o repouso vocal de 30 minutos entre as execuções proporciona uma recuperação da musculatura intrínseca da laringe, em função da supressão da atividade muscular (SCHWARZ e CIELO, 2009). Segundo estudo (MENEZES; DUPRAT e COSTA, 2005) a qualidade vocal piora significativamente conforme aumento do tempo a partir do 3º minuto de execução da vibração de língua.

Geralmente, as diversas pesquisas encontradas na literatura (MOREIRA e GAMA, 2017; SILVA *et al.*, 2017) utilizam-se de informações baseadas na fonte-glótica, com informações específicas sobre a qualidade vocal, os parâmetros das imagens laríngeas (fechamento glótico, constrição do vestíbulo laríngeo, amplitude e simetria de vibração das pregas vocais), a frequência fundamental e a melhora de parâmetros da avaliação espectrográfica e medidas de perturbação e ruído.

Ao realizar a análise comparativa entre os grupos, observa-se que as diferenças entre os triângulos vocálicos, e principalmente no intervalo de F1 das vogais /a/-/i/ ($p = 0,0243$), permanecem após 5 minutos ($p = 0,0351$) de realização do exercício com canudo de alta resistência (Tabela 5), com valores maiores no GC (Tabela 2). É possível observar também que antes de iniciar o exercício, o intervalo de F1 das vogais /i/-/u/ ($p = 0,0499$) apresenta-se maior nesse grupo. E após o exercício de vibração sonorizada de língua o triângulo vocálico apresenta maior distância no intervalo de F2 das vogais /a/-/i/ no GC (Tabela 6).

Portanto, o intervalo das vogais é maior em mulheres vocalmente saudáveis antes (/a/-i/) e após (/a/-/i/ e /i/-/u/) a realização de canudo de alta resistência, com relação à F1. No entanto, com relação à F2, o intervalo das vogais /a/-/i/ é maior na população de mulheres vocalmente saudáveis apenas após a realização do exercício de vibração sonorizada de língua.

Possivelmente, mulheres vocalmente saudáveis apresentam mais clareza de fala com relação às mulheres com nódulos nas pregas vocais. Mesmo após a realização de exercícios o intervalo das vogais de mulheres vocalmente saudáveis continua apresentando maior distintividade. Ferguson e Kewley-Port (2007) evidenciaram que a clareza de fala é maior quando existe um aumento nos intervalos de F1 e F2 das vogais altas e baixas.

Outro estudo (ALISSON *et al.*, 2017) encontrou menores espaços entre vogais em crianças com paralisia cerebral, em comparação às crianças com desenvolvimento típico em ambos os contextos de palavras e frases. No entanto, as

variações do segundo formante não diferiram entre grupos em contextos de palavras ou frases, porém apresentavam valores menores em palavras simples, com contextos fonéticos que requerem grandes mudanças na configuração do trato vocal.

Geralmente, o intervalo de F2 das vogais que se localizam nas extremidades do triângulo vocálico em falantes com implante coclear é mais divergente e inferior aos de falantes com audição normal, resultando em espaço de vogais horizontalmente comprimidos (VERHOEVEN, 2017). Da mesma forma Hung, Lee e Tsai (2017) evidenciaram que o espaço das vogais é mais comprimido em grupos de indivíduos com implante coclear do que no grupo com audição normal. Essas pesquisas evidenciam que existe total relação entre espaço das vogais e inteligibilidade de fala, por mais que sejam em contextos diferentes.

É possível observar nos gráficos 4, 5 e 6 um menor valor de F2 em mulheres com nódulos vocais e que há presença da vogal /i/ em todos os espaços das vogais que trouxeram algum resultado significativo ao comparar o grupo experimental e controle. De igual modo, outro estudo (HUNG, LEE e TSAI, 2017) mostrou que o espaço das vogais com relação à F2 da vogal /i/ é menor em indivíduos com perda auditiva condutiva, como uma consequência de condução do sinal sonoro. Em contraste, nessa pesquisa, possivelmente existe diferenças em mulheres com nódulos vocais devido à alteração presente na fonte glótica. Uma vez que segundo Ware (1998), a laringe fica em sua posição frontal mais alta na vogal /i/ e segundo Kiliç *et al.*, (2004) esse fonema apresenta maior tensão e estabilização da laringe, com menor amplitude de vibração nas pregas vocais e altas taxas de pulsos glotais. Portanto, a presença de nódulos nas pregas vocais pode ter gerado interferência na produção do intervalo dessa vogal em relação às outras.

Com relação ao exercício de sobrearticulação, não apresentou mudanças significativas em nenhum dos grupos, o que contrapõe Brandalise (2003) que afirma melhoras significativas na produção da fala. No entanto, outros estudos (MYERS e FINNEGAN, 2015; PEREIRA *et al.*, 2011) enfocam basicamente a fonte glótica e associam mais de uma técnica vocal, com resultados distintos aos articuladores.

Myers e Finnegan (2015) evidenciaram que após a execução da sobrearticulação o grau de articulação tem uma forte correlação positiva com a intensidade de vocal. Já Pereira *et al.* (2011) investigaram o efeito imediato das técnicas vocais de vibração, som nasal e sobrearticulação na voz e na laringe de

mulheres sem queixas vocais. A análise acústica evidenciou melhora significativa do *jitter* e *shimmer* e a laringoestroboscopia evidenciou melhora significativa no fechamento glótico e melhora na movimentação muco ondulatória das pregas vocais.

No geral, deve-se levar em consideração que as vogais do Português Brasileiro também difere das demais pesquisas que foram desenvolvidas em outras línguas (CORDEIRO *et al.*, 2016; JESUS *et al.*, 2015; GELFER e VAN DONG, 2013), as quais apresentam melhora na inteligibilidade de fala após efeito imediato do exercício vocal. Outros pesquisadores (CHOI e KIM, 2017; KIM; KENT e WEISMER 2000) investigaram se os subsistemas de fala (respiratório, fonatório, ressonante e/ou articulatório), independentemente e em combinação, contribuem para uma menor inteligibilidade da fala. A amostra foi composta por indivíduos com doença de Parkinson (DP), mas com diferentes línguas nativas (inglês americano e coreano). A partir da análise dos dados, pode-se inferir que a base de um déficit de inteligibilidade na disartria depende da língua nativa do falante e do ouvinte. A diminuição do intervalo das vogais (/a/, /i/ e /u/) tem maior efeito sobre a inteligibilidade da fala entre falantes do inglês americano com DP, porque o inglês possui um inventário de vogais mais denso do que o coreano.

Conclusão

O triângulo vocálico de mulheres vocalmente saudáveis apresenta modificações mais perceptíveis e significativas pré e pós o exercício vocal, quando comparado à mulheres com nódulos vocais. Algumas vogais permanecem mais distantes, com melhor inteligibilidade e clareza de fala após a execução do exercício com canudo de alta resistência (F1 de /a/-/i/) e vibração de língua (F2 de /i/-/u/). Porém, quando comparado entre as participantes do mesmo grupo, mulheres vocalmente saudáveis apresentam redução da distintividade vocálica após 5 minutos de execução do exercício com canudo de alta resistência (F1 de /a/-/i/ e /i/-/u/ e F2 /a/-/u/ e /i/-/u/), e mulheres com nódulos vocais possuem menor triângulo vocálico pós 5 minutos de vibração de língua (F2 de /a/-/i/).

Portanto, mulheres com nódulos vocais apresentam menor clareza de fala e inteligibilidade em relação à mulheres vocalmente saudáveis, antes e após a realização do exercício com canudo de alta resistência e após o exercício de

vibração de língua. No entanto, 5 minutos de realização desses dois exercícios vocais pode ocasionar fadiga muscular ou efeito de massagem nos órgãos fonoarticulatórios, com possível interferência nos articuladores e distintividade vocálica.

6.3 Experimento 3

Este experimento investiga a influência do tempo de execução dos exercícios de vibração sonorizada de língua, canudo de alta resistência e sobrearticulação sobre a produção das vogais orais /a/, /i/ e /u/, em contexto consoante-vogal, de mulheres com nódulos vocais e volcamente saudáveis.

Resultados

As Tabelas apresentam as médias e o desvio-padrão para as medidas acústicas observadas em todos os momentos de execução dos exercícios, e os resultados da comparação entre os momentos m0 e m5, tendo em vista os grupos GE e GC (Tabelas 7- 12). As médias e o desvio-padrão são analisados em conjunto com as comparações entre todos os momentos investigados em ambos os grupos.

Na análise comparativa dessas medidas nos momentos m0 e m5, observa-se que após 5 minutos de exercício de vibração sonorizada de língua há uma redução significativa em F_0 da vogal /u/ ($p= 0,0455$) e $F2$ da vogal /i/ ($p= 0,0455$), no grupo de mulheres com nódulos vocais. Houve redução dos valores dessas medidas em m5 (Tabela 7). Com relação ao exercício com canudo de alta resistência, $F1$ da vogal /u/, revelou aumento significativo ($p= 0,0254$) no grupo de mulheres vocalmente saudáveis, após 5 minutos deste exercício (Tabela 10).

Tabela 7 – Média e desvio-padrão para todas as medidas investigadas e comparação entre os momentos m0 e m5 para o GE após exercício de vibração sonorizada de língua.

Formante	Vogal	m0		m1		m2		m3		m4		m5		p-valor
		Média	DP	Média	DP	Média	DP	Média	DP	Média	DP	Média	DP	
F ₀	/a/	200,7	25,0	207,1	26,8	208,7	23,7	206,7	22,8	196,8	29,5	206,9	22,2	0,7754
	/i/	210,6	23,0	221,6	30,1	212,5	41,2	209,1	37,1	206,9	34,8	212,1	37,6	0,2965
	/u/	225,2	30,4	226,8	29,2	222,6	25,1	221,8	24,1	218,2	40,4	218,3	29,0	0,0455*
F1	/a/	869,4	141,6	836,5	144,1	818,7	114,6	821,4	132,9	828,7	131,1	817,0	115,0	0,3814
	/i/	362,3	52,8	361,0	55,6	372,9	55,2	372,3	46,3	365,2	49,7	370,3	51,5	0,9653
	/u/	400,0	81,2	432,0	73,9	423,6	48,3	412,5	53,7	424,8	50,4	418,2	47,6	0,2294
F2	/a/	1405,1	119,8	1391,9	113,5	1417,5	140,1	1400,8	99,8	1421,3	113,7	1411,9	125,0	0,6101
	/i/	2528,7	181,2	2497,3	195,3	2481,1	183,2	2540,0	168,8	2426,6	206,2	2487,9	147,0	0,0455*
	/u/	704,0	121,6	767,1	90,3	753,7	79,2	759,3	135,6	922,2	373,4	760,7	90,7	1,000*
F3	/a/	2702,2	270,1	2666,7	267,4	2779,1	236,1	2795,1	259,6	2637,2	285,9	2665,3	347,0	0,9526
	/i/	3139,4	303,9	3043,8	260,5	2994,5	276,6	2895,5	818,6	2981,9	232,7	2999,9	197,4	0,2151
	/u/	2914,7	299,3	2921,1	317,9	2930,2	333,1	2945,7	312,9	3050,2	274,2	2970,5	257,1	0,9837

Legenda:m: momento; **DP:** desvio padrão;**F₀:**frequência fundamental; **F1:**primeiro formante; **F2:** segundo formante; **F3;** terceiro formante. *Teste de Friedman

Tabela 8 - Média e desvio-padrão para todas as medidas investigadas e comparação entre os momentos m0 e m5 para o GC após exercício de vibração sonorizada de língua.

Formante	Vogal	m0		m1		m2		m3		m4		m5		p-valor
		Média	DP	Média	DP	Média	DP	Média	DP	Média	DP	Média	DP	
F₀	/a/	205,9	24,2	210,3	20,9	210,6	20,2	204,7	32,5	203,3	30,8	210,8	18,8	0,3681
	/i/	215,9	23,0	222,9	27,9	216,8	35,2	217,1	36,1	220,1	20,5	225,3	24,6	0,7107
	/u/	227,4	23,4	227,4	25,8	228,4	19,8	228,6	21,7	221,4	38,5	226,4	24,9	0,5960
F1	/a/	865,3	121,1	837,8	127,8	824,0	102,4	837,7	103,7	858,2	90,8	853,0	101,2	0,6098
	/i/	366,1	37,4	366,8	40,8	375,1	44,4	378,7	34,2	382,7	27,7	368,4	41,0	0,8512
	/u/	416,3	61,5	437,1	59,9	430,7	44,7	424,0	52,8	425,3	40,9	423,5	46,8	1,000*
F2	/a/	1438,5	113,7	1428,6	103,6	1441,5	114,6	1433,2	91,4	1445,1	82,2	1446,7	105,3	0,3459
	/i/	2529,7	164,8	2524,3	189,1	2489,4	181,2	2530,3	162,6	2506,4	179,8	2533,5	179,0	0,3173*
	/u/	726,5	81,2	767,2	61,6	758,7	83,2	817,3	237,2	846,4	269,2	739,0	64,9	0,9875
F3	/a/	2726,8	226,2	2660,1	239,4	2712,1	213,0	2729,2	244,2	2718,3	211,4	2745,6	239,2	0,3393
	/i/	3073,2	291,6	2988,7	229,5	2985,4	269,2	2809,3	727,4	2969,9	198,1	3022,4	250,4	0,7972
	/u/	2925,1	239,0	2924,2	273,7	2964,1	262,0	2996,9	274,2	3012,0	205,2	2966,5	199,9	0,1996

Legenda: m: momento; DP: desvio padrão; **F₀**: frequência fundamental; **F1**: primeiro formante; **F2**: segundo formante; **F3**: terceiro formante. *Teste de Friedman

Tabela 9 - Média e desvio-padrão para todas as medidas investigadas e comparação entre os momentos m0 e m5 para o GE após exercício com canudo de alta resistência.

Formante	Voga l	m0		m1		m2		m3		m4		m5		p-valor
		Média	DP	Média	DP	Média	DP	Média	DP	Média	DP	Média	DP	
F₀	/a/	205,1	26,1	209,4	24,6	209,5	21,1	204,5	31,7	196,1	34,9	207,6	20,8	0,7383
	/i/	215,6	22,7	222,1	27,4	210,6	43,3	209,5	41,5	211,8	31,9	216,4	34,0	0,6426
	/u/	226,1	26,8	225,9	25,8	224,9	23,3	225,9	24,0	222,1	37,0	221,0	27,2	0,3750
F1	/a/	856,1	139,4	828,3	128,6	820,5	110,6	826,4	122,0	833,7	119,1	824,4	109,7	0,9520
	/i/	367,4	46,8	365,1	52,8	372,1	49,9	375,3	42,9	367,9	45,0	372,1	51,6	0,6840
	/u/	407,7	75,0	439,6	71,5	423,5	50,1	417,2	51,9	426,9	47,0	422,0	47,4	0,6716
F2	/a/	1412,1	117,6	1386,3	106,5	1419,3	125,7	1408,6	89,2	1422,0	97,4	1426,5	113,0	0,5965
	/i/	2524,5	169,4	2519,2	178,0	2477,1	203,2	2540,8	154,5	2469,8	205,3	2509,8	173,1	0,9263
	/u/	741,2	181,7	773,1	97,8	750,3	76,5	772,1	122,3	883,1	327,2	768,5	87,9	0,8844
F3	/a/	2675,7	244,5	2650,4	236,9	2724,8	251,6	2741,9	250,3	2613,0	283,9	2662,7	313,5	0,7992
	/i/	3083,7	296,4	3020,2	257,0	2973,2	289,1	2924,8	705,0	2974,6	233,1	3013,0	249,9	0,5734
	/u/	2927,4	298,0	2922,0	335,4	2965,5	335,6	2981,0	296,4	3036,1	281,7	2971,2	271,7	0,6958

Legenda: m: momento; DP: desvio padrão; F₀: frequência fundamental; F1: primeiro formante; F2: segundo formante; F3: terceiro formante. *Teste de Friedman

Tabela 10 - Média e desvio-padrão para todas as medidas investigadas e comparação entre os momentos m0 e m5 para o GC após exercício com canudo de alta resistência.

Formante	Vogal	m0		m1		m2		m3		m4		m5		p-valor
		Média	DP	Média	DP	Média	DP	Média	DP	Média	DP	Média	DP	
F₀	/a/	204,1	24,6	209,2	23,0	209,6	20,1	204,8	30,1	197,6	32,3	208,1	19,4	0,1797*
	/i/	216,2	21,9	223,2	25,1	212,8	39,8	211,5	38,9	213,6	29,2	217,7	30,9	0,1461
	/u/	227,0	24,6	227,1	23,9	226,1	21,6	226,9	23,2	223,2	33,7	222,8	25,1	0,4987
F1	/a/	873,8	130,7	848,7	125,9	832,9	108,5	845,5	122,0	854,3	116,7	844,2	112,0	0,0699
	/i/	365,4	46,0	366,2	49,5	372,8	48,7	375,0	40,2	370,3	42,7	369,8	48,6	0,8184
	/u/	415,2	72,8	441,2	67,1	429,6	46,9	422,2	50,2	425,7	43,1	424,0	44,8	0,0254*
F2	/a/	1427,1	114,7	1408,4	107,7	1426,3	118,1	1415,8	93,1	1428,8	91,0	1429,0	111,0	0,5743
	/i/	2552,2	158,5	2551,2	173,1	2518,8	194,5	2553,4	150,7	2489,6	202,9	2545,1	166,8	0,3800
	/u/	700,2	168,7	756,2	90,9	743,7	71,0	758,3	112,6	860,9	302,1	748,9	84,3	0,5831
F3	/a/	2694,9	230,4	2650,6	229,0	2748,7	232,0	2757,6	237,8	2657,3	267,9	2677,6	288,9	0,3723
	/i/	3127,9	272,7	3062,1	249,7	3024,7	279,8	2930,7	640,5	3012,0	228,5	3063,5	246,1	0,7230
	/u/	2974,9	279,7	2974,0	319,3	3004,4	316,0	3009,0	281,5	3055,6	262,4	2998,3	254,3	0,7179

Legenda: m: momento; DP: desvio padrão; F₀:frequência fundamental; F1:primeiro formante; F2: segundo formante; F3; terceiro formante. *Teste de Friedman

Tabela 11 - Média e desvio-padrão para todas as medidas investigadas e comparação entre os momentos m0 e m5 para o GE após exercício de sobrearticulação.

Formante	Vogal	m0		m1		m2		m3		m4		m5		p-valor
		Média	DP	Média	DP	Média	DP	Média	DP	Média	DP	Média	DP	
F₀	/a/	203,4	28,5	206,2	26,9	209,6	23,2	200,0	35,9	199,3	34,8	208,6	23,0	0,9913
	/i/	210,7	24,6	220,5	30,1	205,2	51,2	210,4	39,7	218,2	23,3	224,4	28,5	0,3566
	/u/	223,1	29,9	227,5	29,5	225,4	24,9	223,2	25,1	222,7	42,4	221,4	29,5	0,6734
F1	/a/	867,4	115,5	844,6	129,5	827,1	98,5	855,4	112,5	852,4	85,7	844,8	91,1	0,6245
	/i/	355,0	49,5	360,4	56,0	371,7	57,2	374,0	49,2	369,9	50,5	362,3	53,1	0,8999
	/u/	404,6	61,0	427,6	73,8	418,2	48,8	406,2	56,7	426,9	47,2	416,3	46,9	0,5481
F2	/a/	1423,8	109,0	1406,0	100,9	1430,3	131,0	1418,7	85,9	1435,8	89,7	1438,4	105,5	0,6634
	/i/	2519,0	169,2	2490,2	185,1	2469,7	178,2	2524,5	159,7	2489,7	169,0	2508,2	181,9	0,4185
	/u/	732,2	96,7	743,0	83,8	751,2	89,0	745,9	139,5	932,8	385,6	756,0	95,5	0,2830
F3	/a/	2757,6	217,1	2717,5	248,3	2765,6	234,1	2787,5	246,2	2675,5	273,0	2756,5	254,1	0,1834
	/i/	3121,2	310,6	3019,0	212,3	3001,0	270,8	2880,3	845,4	2972,5	195,5	3031,2	243,5	0,6441
	/u/	2928,0	257,1	2909,9	292,4	2949,9	298,6	2964,6	269,7	3070,2	238,0	2979,7	212,2	0,5755

Legenda: m: momento; DP: desvio padrão; **F₀**: frequência fundamental; **F1**: primeiro formante; **F2**: segundo formante; **F3**: terceiro formante. *Teste de Friedman

Tabela 12 - Média e desvio-padrão para todas as medidas investigadas e comparação entre os momentos m0 e m5 para o GC após exercício de sobrearticulação.

Formante	Vogal	m0		m1		m2		m3		m4		m5		p-valor
		Média	DP	Média	DP	Média	DP	Média	DP	Média	DP	Média	DP	
F₀	/a/	204,1	24,1	209,6	20,9	211,8	20,2	204,7	33,3	202,8	32,0	209,6	19,7	0,1644
	/i/	212,1	22,0	221,1	28,8	216,0	36,5	216,1	37,5	219,8	21,3	223,2	26,9	0,0937
	/u/	225,9	24,0	228,2	27,2	228,8	20,3	228,5	21,2	223,2	39,4	223,0	26,4	0,8605
F1	/a/	864,2	128,2	846,9	136,0	828,4	107,2	850,3	108,9	858,5	90,7	854,3	103,0	0,7310
	/i/	365,1	33,4	368,3	39,1	382,8	32,9	384,9	25,3	384,0	25,9	373,9	38,6	0,4295
	/u/	408,4	55,3	435,7	61,4	424,7	44,9	419,3	51,4	427,7	42,4	417,3	44,6	0,3542
F2	/a/	1435,1	119,2	1419,8	106,9	1446,4	116,6	1434,5	88,7	1442,1	83,7	1446,2	102,3	0,7490
	/i/	2529,1	160,7	2517,9	188,4	2489,2	181,7	2527,9	163,5	2489,8	176,4	2529,8	178,5	0,8881
	/u/	733,8	75,7	761,2	63,0	747,5	84,2	756,7	123,7	830,4	282,2	733,3	63,2	0,6319
F3	/a/	2729,7	215,8	2666,9	246,5	2725,2	224,3	2749,1	247,2	2706,4	212,8	2736,0	246,5	0,4369
	/i/	3092,2	286,3	3016,8	238,1	3007,4	279,0	2830,2	762,4	2971,1	211,2	3043,2	249,4	0,8143
	/u/	2956,6	254,0	2939,4	296,7	2993,2	291,7	2992,5	271,6	3039,3	220,3	2972,4	211,3	0,7222

Legenda: m: momento; DP: desvio padrão; F₀:frequência fundamental; F1:primeiro formante; F2: segundo formante; F3; terceiro formante.*Teste de Friedman

Na Tabela 13 encontram-se as comparações para todos os momentos de execução dos exercícios. Pode-se afirmar que as médias das medidas acústicas ao longo do tempo não diferem significativamente no grupo de indivíduos com nódulos vocais. No entanto, após o exercício vocal com canudo de alta resistência é possível observar diferença significativa em F1 da vogal /u/ ($p= 0,0204$) no GC.

Tabela 13 – Comparação entre os diferentes momentos para os grupos observados (p-valor).

Exercício	Formante	Grupo nódulo			Grupo Controle		
		/a/	/i/	/u/	/a/	/i/	/u/
Vibração de língua	F ₀	0,700*	0,0931*	0,5494*	0,4087	0,0931*	0,8690
	F1	0,4597	0,8922	0,0640*	0,3468	0,4895*	0,7439*
	F2	0,3744	0,1562*	0,0883*	0,2099	0,3350*	0,5702*
	F3	0,9626*	0,1708	0,722*	0,4029	0,1274*	0,7439*
Canudo alta resistência	F ₀	0,7088*	0,7062	0,4591*	0,5702*	0,2337*	0,3705
	F1	0,6987	0,2149	0,6987	0,1486	0,7482	0,0204*
	F2	0,3999	0,9387	0,1779*	0,5463	0,4493	0,3010
	F3	0,6621	0,6935	0,4841	0,1091*	0,8822	0,7949
Sobrearticulação	F ₀	0,9364*	0,1589*	0,4190	0,5104	0,0794*	0,8989
	F1	0,4197	0,2505*	0,5579	0,6952	0,1998	0,1296*
	F2	0,4057	0,3572	0,2837*	0,5000	0,5199	0,9811
	F3	0,4517*	0,9022	0,2470	0,8013	0,4152	0,2069*

Legenda: F₀: frequência fundamental; F1: primeiro formante; F2: segundo formante; F3: terceiro formante.

*Teste de Friedman

Após o teste *post hoc* de Nemenyi (Tabela 14), pode-se verificar que houve diferença significativa entre as médias de F1 na vogal /u/ entre os momentos m0 e m3 ($p= 0,047$) do exercício com canudo de alta resistência no GC. Esse resultado refere-se ao aumento no valor de F1 da vogal /u/ em m3 (Tabela 10).

Tabela 14 - Comparações múltiplas de F1 da vogal /u/ do GC nos momentos pré e após exercício vocal com canudo de alta resistência.

Momento	Pré	Após 1	Após 2	Após 3	Após 4
Após 1	1,000	-	-	-	-
Após 2	0,650	0,756	-	-	-
Após 3	0,047	0,074	0,756	-	-
Após 4	0,538	0,650	1,000	0,845	-
Após 5	0,168	0,239	0,959	0,996	0,985

Comparações múltiplas de Nemenyi

Nas Tabelas 15 e 16, são apresentados os resultados da comparação entre os grupos GE e GC, de acordo com o exercício vocal realizado.

Tabela 15 - Comparação entre os grupos experimental e controle antes e após o exercício de vibração sonorizada de língua (p-valor).

Formante	Vogal	Momento					
		m0	m1	m2	m3	m4	m5
F ₀	/a/	0,886	1,000	0,686	0,886	0,486	0,886
	/i/	0,343	0,486	1,000	0,686	0,343	0,343
	/u/	0,886	0,886	0,686	0,686	1,000	0,343
F1	/a/	0,343	0,200	0,486	0,686	0,343	0,343
	/i/	0,486	0,343	0,343	0,686	0,057	0,686
	/u/	0,057	0,200	0,057	0,343	0,686	0,029
F2	/a/	0,200	0,343	0,686	0,686	0,886	0,686
	/i/	0,886	0,686	1,000	0,686	0,200	0,686
	/u/	0,200	0,886	0,343	0,343	0,686	0,114
F3	/a/	0,343	0,343	0,343	0,486	0,343	0,343
	/i/	0,486	0,886	1,000	0,886	0,200	0,686
	/u/	0,343	0,200	0,343	0,486	0,886	0,114

Legenda:m: momento; F₀:frequência fundamental; F1:primeiro formante; F2: segundo formante; F3; terceiro formante. Teste U de Man-Whitney

Tabela 16 - Comparação entre os grupos experimental e controle nos diferentes momentos - Exercício com canudo de alta resistência (p-valor).

Formante	Vogal	Momento					
		m0	m1	m2	m3	m4	m5
F ₀	/a/	0,421	0,095	0,056	0,421	0,691	0,310
	/i/	0,222	0,095	0,016	0,841	0,548	0,691
	/u/	0,222	0,032	0,016	0,222	0,056	0,016
F1	/a/	0,032	0,032	0,056	0,095	0,032	0,016
	/i/	0,691	0,016	0,222	0,841	0,421	0,548
	/u/	0,008	0,016	0,008	0,095	0,016	0,032
F2	/a/	0,222	0,310	0,691	1,000	0,841	0,841
	/i/	0,095	0,095	0,095	0,222	0,095	0,151
	/u/	1,000	0,056	1,000	0,548	0,841	0,421
F3	/a/	0,841	0,841	0,421	0,548	0,691	0,548
	/i/	0,421	0,095	0,095	0,421	0,095	0,151
	/u/	0,222	0,222	0,222	0,151	0,222	0,151

Legenda:m: momento;F₀:frequência fundamental; F1:primeiro formante; F2: segundo formante; F3; terceiro formante. Teste U de Man-Whitney

De acordo com os resultados, observa-se que após 5 minutos de realização do exercício de vibração sonorizada de língua, há diferença significativa em F1 da vogal /u/ (p= 0,029) entre os grupos de indivíduos com nódulos vocais e saudáveis

(Tabela 15). Esta medida apresenta valores mais baixos no grupo de mulheres com nódulos vocais (Tabelas 7 e 8).

Com relação ao exercício com canudo de alta resistência (Tabela 16), foi evidenciado diferenças significativas em F_0 da vogal /i/ no momento m2 ($p=0,016$), e da vogal /u/ nos momentos m1 ($p=0,032$), m2 ($p=0,016$) e m5 ($p=0,016$); em F1 da vogal /a/ para os momentos m0 ($p=0,032$), m1 ($p=0,032$), m4 ($p=0,032$) e m5 ($p=0,016$), da vogal /i/ para o momento m1 ($p=0,016$) e da vogal /u/ em quase todos os momentos, com exceção apenas do momento m3. As mulheres com nódulos vocais apresentam valores de F_0 e F1 mais baixos em relação às mulheres saudáveis (Tabelas 9 e 10).

Para o exercício de sobrearticulação não houve diferença significativa nas medidas acústicas investigadas ao comparar os grupos GC e GE, de acordo com todos os momentos, antes e após a realização do exercício.

Discussão

A partir da análise da tabela 7 é possível observar que mulheres com nódulos vocais diminuem valores de F_0 da vogal /u/ e F2 da vogal /i/ após 5 minutos de exercício de vibração de língua. No entanto, ao analisar as tabelas descritivas verifica-se aumento de F_0 das vogais /a/ (m0: 200,7 e m5: 206,9) e /i/ (m0: 210,6 e m5: 212,1) após 5 minutos de exercício de vibração de língua.

Algumas pesquisas (SILVA *et al.*, 2017; ZIMMER, 2011; AZEVEDO *et al.*, 2010; MENEZES; DUPRAT e COSTA, 2005) afirmam que o tempo ideal para mulheres sem queixas, sem alterações e crianças disfônicas é de 3 à 5 minutos de realização do exercício, com melhora nos parâmetros acústicos relacionados à qualidade vocal. Esses estudos apresentam aumento da F_0 na produção da vogal /e/ sustentada. No entanto, a diferença significativa encontrada para F_0 da vogal /u/, com diminuição desse valor deve-se a própria configuração laríngea que esse vogal proporciona (BARBOSA e MADUREIRA, 2015; WARE, 1998), deixando-a em sua posição mais baixa.

Baseado nas evidências, a interferência da alteração laríngea, os nódulos vocais, pode vir acompanhados por tensão muscular e provocar mudança de posição da laringe pela contração excessiva da musculatura (SIQUEIRA *et al.*, 2017). Após o exercício de vibração sonorizada de língua essa configuração pode se

modificar (GUZMAN *et al.*, 2017) e ao produzir a vogal /u/ ocorre a redução de F_0 , devido à diminuição da tensão na produção vocal de acordo com a configuração vocálica (SAMPAIO, OLIVEIRA e BEHLAU, 2008). Outra possibilidade que se pode investigar (nos estudos posteriores) é a relação da fadiga muscular dos articuladores e da laringe com o decréscimo da F_0 e outras medidas do trato vocal, uma vez que, foram encontrados valores aumentados de F_0 após alguns exercícios de vibração sonorizada de língua com melhora na qualidade vocal e fonação (AZEVEDO *et al.*, 2010). Assim, ainda se tem contradições da relação entre as mudanças da F_0 , a posição dos articuladores e a fadiga muscular.

Já Ribeiro *et al.*, 2018, investigou o efeito de um programa de terapia de voz em mulheres com disfonia comportamental, a partir da utilização de exercícios do trato vocal semiocluido. Como resultado obteve um efeito positivo na qualidade da voz (com redução da F_0), nos sintomas, na dor musculoesquelética, equilíbrio fonatório, relaxamento muscular e melhora na resistência vocal dessa população.

Paes e Behlau (2017) evidenciam que o princípio da sobrecarga no treinamento físico estipula que o trabalho solicitado ao músculo deve ser maior que o realizado no uso diário, com inserção de carga adicional condizente com o nível de condicionamento físico do indivíduo, com total atenção para o diagnóstico laríngeo.

A redução de F_2 da vogal /i/ após 5 minutos de exercício de vibração de língua, pode estar relacionado ao fato de que a área da parte anterior da cavidade oral apresentou-se maior após o exercício, uma vez que a posição da língua e laringe pode ter sido alterada (LAUKKANEN *et al.*, 2012).

A partir da tabela 10, baseada na análise de m0 e m5, observa-se elevação de F_1 da vogal /u/ em mulheres vocalmente saudáveis após 5 minutos de exercício com canudo de alta resistência. Do mesmo modo, quando comparado todos os momentos, a partir da tabela 13 e 14, observa-se que a modificação de F_1 da vogal /u/ evidencia a partir do 3º minuto de execução do exercício. Portanto, pode-se concluir que mulheres vocalmente saudáveis elevam valor de F_1 da vogal /u/ a partir do 3º minuto e 5º minuto de exercício com canudo de alta resistência.

Estudo realizado através da ressonância magnética sugere que o exercício com canudo de alta resistência executado com arredondamento ou protrusão de lábios, pode desencadear uma mudança na posição da língua em direção a vogal /u/, e tal alteração pode ser caracterizada por um corpo de língua e epiglote elevados (característico de vogais fechadas) (LAUKKANEN *et al.*, 2012).

Assim, a semi-oclusão dos lábios, gerada pela execução do exercício com canudo de alta resistência ocasiona aumento da impedância do trato vocal como um mecanismo de proteção da glote, pois ocorre aumento da pressão aérea na região supraglótica que, conseqüentemente, eleva a pressão em nível glótico. Essa alteração tende a afastar as pregas vocais e reduzir o impacto quando entram em contato medialmente, equilibrando as pressões no nível da glote e do trato vocal (interação fonte e filtro – ressonância retroflexa) (CIELO, 2001; TITZE, 2008; 2009).

Segundo Laukkanen *et al.*, (2012) a região da epilaringe aumenta durante o exercício com canudo alta resistência. No entanto, a partir do aumento de F1 na produção da vogal /u/ após o exercício vocal, ocorreu uma mudança no trato vocal, com ajuste de constrição faríngea (TITZE, 2010) e um possível estreitamento da velofaringe, que neste caso estava relacionada à língua elevada posteriormente, estando associada também a produção da vogal /u/ e aumento da epilaringe (GUZMAN *et al.*, 2013) provocada pela impedância acústica.

Outra possível possibilidade é que o exercício com canudo de alta resistência provocou nas mulheres vocalmente saudáveis maior constrição faríngea e menor elevação da posição de língua na produção vocálica (BARBOSA e MADUREIRA, 2015; TITZE, 2010). O efeito desse exercício, geralmente, é diminuir os valores dos formantes (ANDRADE *et al.*, 2014) e promover fonação mais fácil (PAES e BEHLAU, 2017), em contradição, essa pesquisa pode-se tentar compreender o fato de que não houve momentos de repouso vocal nas execuções dos exercícios, e todo o grupo controle é composto por estudantes e funcionárias públicas, diferentemente do grupo experimental, que como por exemplo, contia professoras que utilizavam a voz por longos períodos de tempo. Esse fato pode estar relacionado ao princípio da sobrecarga durante a execução dos exercícios, com indícios de fadiga muscular (KENT-BRAUN, FITTS e CHRISTIE, 2012).

No geral, em contradição com esses achados, um estudo (MEERSCHMAN *et al.*, 2017) não encontrou modificações significativas com relação ao tempo de execução do exercício com canudo de alta resistência e som nasal, em indivíduos sem alteração laríngea, através das medidas investigadas (perceptivoauditiva, aerodinâmica, medidas acústicas – *jitter*, *shimmer*, NHR e frequência fundamental, índice de gravidade da disfonia, entre outras).

Comparando os grupos controle e experimental (tabelas 15 e 16), observa-se que mulheres com nódulos vocais apresentam valores mais baixos de F1 da vogal

/u/ em relação às mulheres vocalmente saudáveis após 5 minutos de execução do exercício de vibração de língua. Da mesma forma, mulheres com nódulos vocais apresentam valores mais baixos de F_0 e $F1$ em relação às mulheres vocalmente saudáveis a partir do 1º minuto de execução do exercício com canudo de alta resistência.

No geral, as mulheres com nódulos apresentam o subsistema linguomandibular levemente elevado e liberam espaço faríngeo após a realização dos exercícios de vibração sonorizada de língua e canudo de alta resistência, uma vez que, de acordo com Titze (2010) todas as frequências dos formantes diminuem uniformemente com o aumento do comprimento do trato vocal, o que pode ser alterado com o abaixar ou elevar da laringe (altura laríngea), com o arredondamento dos lábios e sua constrição.

Com relação à F_0 , pode-se pensar na possibilidade da dinâmica não linear ser capaz de desestabilizar a vibração das pregas vocais quando os harmônicos mais altos interagem com formantes superiores, desestabilizando F_0 através da interação fonte-filtro. Com todas essas interações, que podem gerar instabilidades durante a produção da fala, indivíduos vocalmente saudáveis são capazes de controlar a sua intensidade, já em indivíduos com patologias nas pregas vocais podem tentar controlar essa intensidade e provavelmente compensar com essas interações através dos articuladores, para manter uma voz estável (MAXFIELD, PALAPARTHI e TITZE, 2017).

Segundo Titze (2010), a constrição da faringe eleva $F1$, e quanto mais alto o subsistema linguomandibular para uma vogal, menor o valor de $F1$ (BARBOSA e MADUREIRA, 2015). Portanto, após 5 minutos de exercício de vibração de língua, as mulheres com nódulos vocais apresentaram menor constrição faríngea e maior elevação da posição de língua na produção da vogal /u/ em relação às mulheres vocalmente saudáveis.

Possivelmente, a vibração sonorizada de língua suavizou o contato entre as pregas vocais, aumentando a resistência vocal com equilíbrio das pressões sub e supraglótica. A partir da interação fonte-filtro, ocorreu ressonância retroflexa, o que propiciou um maior equilíbrio funcional da emissão vocal, facilitando o equilíbrio da ressonância com resposta nos articuladores (SILVA *et al.*, 2017).

Com relação ao canudo de alta resistência, o que possivelmente ocasionou a redução dos valores de F_0 e $F1$ em mulheres com nódulos vocais em comparação às

vocalmente saudáveis, na produção das vogais a partir do 1º minuto de execução, foi uma melhor interação entre a laringe e as impedâncias do trato vocal durante a produção da fala (ANDRADE *et al.*, 2014). A laringe possivelmente encontra-se mais baixa e o trato vocal com tamanho maior, devido à mudança de posição da língua e laringe após a execução do exercício. Titze (2008) evidencia que o acoplamento não-linear fonte-filtro ocasiona uma facilitação da vibração das pregas vocais e diminuição da F_0 , e essas mudanças de F_0 podem ser associadas ao movimento da língua-hióide ou a altura da laringe.

Sampaio, Oliveira e Behlau (2008), mostraram que após o exercício de Finger Kazzo e Canudo de alta resistência as sensações mais relatadas são: voz mais clara, forte e fala mais fácil. Na avaliação acústica, observou-se redução da F_0 após ambos os exercícios. Segundo estes autores e Titze (2006), essa diminuição pode ser justificada pelo possível abaixamento da laringe durante a execução de ambas as técnicas, com redução da tensão, aos ajustes no trato vocal e à reatância.

A maioria dos estudos que trazem resultados positivos após a execução da técnica vocal com fonação em canudo de alta resistência ou tubos relata sensação de fonação mais fácil (PAES e BEHLAU, 2017; COSTA *et al.*, 2011; LAUKKANEN *et al.*, 2008), com resposta fisiológica na diminuição da colisão do tecido das pregas vocais e do esforço do muscular laríngeo. Os resultados se baseiam em medidas de fonte glótica, em autopercepção e avaliação perceptivoauditivo. Poucas pesquisas relatam modificações na supraglote com foco nos articuladores após exercícios vocais (MAXFIELD; PALAPARTHI e TITZE, 2016; YAMASAKI *et al.*, 2016), por isso se faz necessário uma pesquisa com um número de falantes em maior quantidade para confirmar ou refutar os resultados encontrados nessa pesquisa.

Conclusão

As mulheres vocalmente saudáveis elevam valor de F_1 da vogal /u/ a partir do 3º minuto e após o 5º minuto de exercício apenas com canudo de alta resistência, com presença de maior constrição faríngea e menor elevação na posição da língua na produção das vogais.

Mulheres com nódulos vocais:

- Diminuem valores de F_0 e F_1 da vogal /u/ após 5 minutos de exercício de vibração sonorizada de língua.

- Apresentam valores mais baixos de F_0 e $F1$ em relação às mulheres vocalmente saudáveis a partir do 1º minuto de execução do exercício com canudo de alta resistência, e apenas $F1$ após 5 minutos de execução.

Portanto, mulheres com nódulos vocais apresentam o subsistema linguomandibular levemente elevado e expansão faríngea após a realização dos exercícios de vibração sonorizada de língua e canudo de alta resistência.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com este estudo, pode-se inferir que independente da realização do exercício vocal, no momento m0, mulheres com nódulos vocais possuem menores valores de $F1$ e $F2$, perceptíveis pelo triângulo acústico articulatório das vogais orais /a/, /i/ e /u/, em comparação com as mulheres vocalmente saudáveis.

O tamanho trato vocal ocasionado pelos efeitos dos exercícios de trato vocal semiocluído (vibração de língua e canudo de alta resistência) não interfere significativamente na distintividade de todas as vogais, uma vez que o aumento da região orofaríngea pode ser ocasionado na região da epilaringe e faringe, com presença de mudança nas vogais posteriores (como por exemplo a vogal /u/) (TITZE, 2010; BARBOSA e MADUREIRA (2015).

Portanto, a realização do exercício do trato vocal semiocluído, principalmente o canudo de alta resistência, ocasiona expansão da orofaringe de mulheres com nódulos em comparação às mulheres vocalmente saudáveis. Esse resultado não indica melhor clareza de fala e inteligibilidade em relação à mulheres vocalmente saudáveis, uma vez que o triângulo vocálico de mulheres vocalmente saudáveis apresenta modificações mais perceptíveis e significativas antes e após o exercício vocal, quando comparado à mulheres com nódulos vocais.

Para estudos posteriores, o interessante seria realizar a autopercepção vocal dos indivíduos presentes na amostra e um teste de inteligibilidade como uma medida de performance realizada por ouvintes, para descartar ou somar informações sobre esforço e fadiga muscular. Uma vez que para a transmissão e o processamento da informação, a inteligibilidade da mensagem é fundamental para a interação e aprendizagem, e através da análise dos dados provenientes de grupos que fornecem informações descritivas dos ouvintes, pode-se obter informação perceptiva da linguagem humana (OSTER, 2002; WILKINSON e BRINTON, 2003).

Já a autopercepção auxiliará no cuidado e atenção durante a pesquisa com os sujeitos para reforçar a percepção de mudança do comportamento, pela busca do entendimento das próprias modificações ocasionadas após o exercício vocal (SOUZA; MARSSON e ARAÚJO, 2017).

Dessa forma, possíveis novos métodos poderiam ser utilizados para a investigação complementar a esses achados, talvez, uma avaliação perceptiva da inteligibilidade de fala, autoavaliação e um número maior na amostra experimental e controlada poderiam encontrar resultados bastante interessantes.

8. REFERÊNCIAS

1. ALI, Z.; ELAMVAZUTHI, I.; ALSULAIMAN, M.; MUHAMMAD, G. **Detection of Voice Pathology using Fractal Dimension in a Multiresolution Analysis of Normal and Disordered Speech Signals.** J Med Syst. 2016 Jan;40(1):20.
2. ALLISON, K.M.; ANNEAR, L.; POLICICCHIO, M.; HUSTAD, K.C. **Range and Precision of Formant Movement in Pediatric Dysarthria.** J Speech Lang Hear Res. 2017 Jul 12;60(7):1864-1876.
3. ANDRADE, F.V. **Análise de parâmetros espectrais da voz em crianças saudáveis de 4 a 8 anos.** 2009. 61 fls. Dissertação (Mestrado em Fonoaudiologia) – Universidade Veiga de Almeida, Rio de Janeiro, 2009.
4. ANDRADE, P.A.; WOOD, G.; RATCLIFFE, P.; EPSTEIN, R.; PIJPER, A.; SVEC, J.G. **Electroglottographic study of seven semi-occluded exercises: laxvox, straw, lip-trill, tongue-trill, humming, hand-over-mouth, and tongue-trill combined with hand-over-mouth.** Journal of Voice, Set; 28 (5): 589-95. 2014.
5. ANGELOCCI, A.A.; KOPP, G.A.; HOLBROOK, A. (1964) **The vowel formants of deaf and normal-hearing eleven- to fourteen-year-old boys.** J Speech Hear Dis 29: 156–170
6. AZEVEDO, L.L.; PASSAGLIO, K.T.; ROSSETI, M.B.; SILVA, C.B.; OLIVEIRA, B.F.V.; COSTA, R.C. **Avaliação da performance vocal antes e após a vibração sonorizada de língua.** Rev Soc BrasFonoaudiol. 2010;15(3):343-8
7. BAER, T.; ALFONSO, P.T. **Dynamics of vowel articulation.** Language and speech, vol. 25, part 2, 1982.
8. BAL KOC E.A.; KOC, B.; ERCAN, I.; KOCAK, I.; TADIHAN, E.; TURGUT, S. **Effects of septoplasty on speech and voice.**J Voice. 2014 May; 28(3):393.e11-5.
9. BARBOSA, P.A.; MADUREIRA, S. **Manual de fonética acústica experimental: aplicações a dados do português.** Cortez editora, 2015. 591p.

10. BECK, J.M. **The vocal tract as resonator.** In: HEWLETT, N.; JANET, J.M. Introduction to the science of phonetics. Lawrence Erlbaum Associates, Inc., 2006. p. 239-306.
11. BEHLAU, M. **Anatomia da Laringe e Fisiologia da Produção Vocal.** In: - _____. Voz: o livro do especialista. Rio de Janeiro: Revinter, 2001. Volume I: 1-42.
12. BEHLAU, M. Técnicas vocais. In: Ferreira LP, Lopes DM, Limongi SC. **Tratado de fonoaudiologia.** São Paulo: Roca; 2005.p. 42-58.
13. BEHLAU, M.; PONTES, P. **Avaliação e tratamento das disfonias.** São Paulo: Lovise; 1995.
14. BEHLAU, M.; PONTES, P.; VIEIRA, V.P.; YAMASAKI, R.; MADAZIO, G. **Apresentação do Programa Integral de Reabilitação Vocal para o tratamento das disfonias comportamentais.** CoDAS 2013;25(5):492-6.
15. BIANCHINI, E.M.G. Avaliação fonoaudiológica da motricidade oral: anamnese, exame clínico, o quê e por que avaliar. In: BIANCHINI, E.M.G. (Org.). **Articulação temporomandibular: implicações, limitações e possibilidades fonoaudiológicas.** Carapicuíba (SP): Pró- fono, 2000. p. 191-254.
16. BRAGA, J.N.; OLIVEIRA, D.S.F.; ATHERINO, C.C.T.; SCHOTT, T.C.A.; SILVA, J.C. **Nódulos vocais: análise anátomo – funcional.** Rev CEFAC, São Paulo; abr-jun 2006; 8(2): 223-9.
17. BRANDALISE, J. D. **Análise perceptivo-auditiva e acústica computadorizada pré e pós técnica de sobrearticulação em repórteres de televisão.** (Dissertação de Mestrado) Universidade Tuiuti do Paraná. Curitiba, 2003.
18. BROD, L.E.M.; SEARA, I.C. **Caracterização acústica de vogais orais na fala infantil: o falar florianopolitano.** Letras de Hoje, Porto Alegre, v. 49, n. 1, p. 95-105, jan./mar. 2014.
19. BUCHAILLARD, E.; PERRIER, P.; PAYAN, Y. **A biomechanical model of cardinal vowel production: muscle activations and the impact of gravity on tongue positioning.** Journal of the Acoustical Society of America, Acoustical Society of America, v. 126, n. 4, p. 2033-2051, 2009.

20. CAMARGO, Z.A.; MARCHESAN, I.Q.; OLIVEIRA, L.R.; SVICERO, M.A.; PEREIRA, L.C.; MADUREIRA, S. **Lingual frenectomy and alveolar tap production: an acoustic and perceptual study.** Logoped Phoniatr Vocol. 2013 Dec;38(4):157-66.
21. CHIBA, T.; KAJIYAMA, M. **The Vowel: Its Nature and Structure.** 1941, pp. 115–154.
22. CHRISTOPHER, S.G; DANA, M.Q. **The Effect of Resonance Tubes on Glottal Contact Quotient With and Without Task Instruction: A Comparison of Trained and Untrained Voices.** Journal of Voice; 26(3), 2012.
23. CIELO, C.A.; FRIGO, L.F.; CHRISTMANN, M.K. **Pressão sonora e tempo máximo de fonação após a técnica de fingerkazoo.** Rev. CEFAC. 2013 Jul-Ago; 15(4):994-1000.
24. CLÉMENT, P.; HANS, S.; HARTL, D.M.; MAEDA, S.; VAISSIÈRE, J.; BRASNU, D. **Vocal tract area function for vowels using three-dimensional magnetic resonance imaging. A preliminary study.** J Voice. 2007 Sep;21(5):522-30.
25. CORAZZA, V.R.; SILVA, V.F.C.; QUEIJA, D.S.; DEDIVITIS, R.A.; BARROS, A.P.B. **Correlação entre os achados estroboscópicos, perceptivo-auditivos e acústicos em adultos sem queixa vocal.** Ver BrasOtorrinolaringol. 2004. jan./fev. 70(1): 30-4.
26. CORBERA, M.; ANGEL, H. **Fonologia.** Em Fernanda Mussalim e Anna Christina Bentes. (eds.) Introdução à Linguística. São Paulo, Cortez Editora: 1(9), 2012. pp., 157-191
27. CORDEIRO, H.T.; FONSECA, J.M.; RIBEIRO, C.M. **Reinke's edema and Nodules identification in vowels using spectral features and pitch jitter.** Procedia Technology: 17. 2014. p. 202 – 208.
28. COSTA, A.A. **Abordagens Linguísticas.** In: MARTELOTTA, M.E. et al (org.). Manual de Linguística. Ed. Contexto. São Paulo, 2008. p. 111-126.
29. COSTA, C.B.; COSTA, L.H.C.; OLIVEIRA, G.; BEHLAU, M. **Immediate effects of the phonation into a straw exercise.** Braz J Otorhinolaryngol. 2011; 77(4): 461-5.
30. COSTA, S.L.N. **Análise acústica, baseada no modelo linear de produção da fala, para discriminação de vozes patológicas.** Universidade Federal de Campina Grande. [Tese de Doutorado] Novembro – 2008.

31. COSTA, W.C.A.; COSTA, S.L.N.C.; ASSIS, F.M.; AGUIAR NETO, B.G. **Classificação de sinais de vozes saudáveis e patológicas por meio da combinação entre medidas da análise dinâmica não linear e codificação preditiva linear.** Rev. Bras. Eng. Biom., 2013; 29 (1): 3-14.
32. CRISTÓFARO-SILVA, T.; YEHA, H.C. **Sonoridade em Artes, Saúde e Tecnologia.** Belo Horizonte: Faculdade de Letras, 2009. Disponível em <http://fonologia.org>. ISBN 978-85-7758-135-1.
33. DAGLI, M.; SATI, I.; ACAR, A.; STONE, R.E.JR.; DURSUN, G.; ERYILMAZ, A. **Mutational falsetto: intervention outcomes in 45 patients.** J Laryngol Otol. 2008 Mar; 122(3):277-81.
34. DARGIN, T.C.; SEARL, J. **Semi-Occluded Vocal Tract Exercises: Aerodynamic and Electroglottographic Measurements in Singers.** Journal of Voice, March 2015. 29(2): 155–164.
35. DELLER Jr., R.; PROAKIS, J.G.; HANSEN, J.H.L. **Discrete-time Processing of Speech Signals.** Macmillan Publishing Co., 1993.
36. DIAS, A.E; CHIEN, H.F.; BARBOSA, E.R. **O método Lee Silverman para reabilitação da fala na doença de Parkinson.** Rev Neurocienc 2011;19(3):551-557.
37. DUBOIS, J.; GIACOMO, M.; GUESPIN, L. et al. **Dicionário de Linguística.** São Paulo: Cultrix.1993.
38. EVITTS, P.M.; STARMER, H.; TEETS, K.; MONTGOMERY, C.; CALHOUN, L.; SCHULZE, A.; MACKENZIE, J.; ADAMS, L. **The Impact of Dysphonic Voices on Healthy Listeners: Listener Reaction Times, Speech Intelligibility, and Listener Comprehension.** Am J Speech Lang Pathol. 2016 Nov 1;25(4):561-575.
39. FADEL, C.B.X.; DASSIE-LEITE, A.P.; SANTOS, R.S.; SANTOS, C.G.JR.; DIAS, C.A.S.; SARTORI, D.J. **Efeitos imediatos do exercício de trato vocal semiocluido com Tubo LaxVox em cantores.** CoDAS 2016;28(5):618-624.
40. FANT, G. (1960). **The Acoustic Theory of Speech Production** (Moulton, The Hague).
41. FANT, G. **Acoustic Theory of Speech Production.** 2ª ed. Paris: Mouton, 1970.

- 42.FAVARO, L.; GAMBÀ, M.; GILI, C.; PESSANI, D. **Acoustic correlates of body size and individual identity in banded penguins.** PLoS One. 2017 15 de fevereiro; 12 (2): e0170001.
- 43.FAVARO, L.; GILI, C.; RUGNA, C.; GNONE, G.; FISSORE, C.; SANCHEZ, D.; MCELLIGOTT, A.G.; GAMBÀ, M.; PESSANI, D. **Vocal individuality and species divergence in the contact calls of banded penguins.** ProcessosBehav. 2016 Jul; 128: 83-8.
- 44.FERGUSON, S.H.; KEWLEY-PORT, D. **Talker Differences in Clear and Conversational Speech: Acoustic Characteristics of Vowels.** Journal of Speech, Language, and Hearing Research. October 2007, 50 : 1241–1255.
- 45.FERGUSON, S.H.; KEWLEY-PORT, D. **Vowel intelligibility in clear and conversational speech for normal-hearing and hearing-impaired listeners.** The Journal of the Acoustical Society of America 112, 259. 2002.
- 46.FLANAGAN, J.L. (1972). **Speech Analysis, Synthesis, and Perception** (Springer, New York).
- 47.FONSECA, E.S.; PEREIRA, J.C. **Normal versus pathological voice signals** .*Engineering in Medicine andBiology Magazine, IEEE*. 2009; 28(5): 44–48.
- 48.FORTES, F.S.G.; *et al* .**Perfil dos profissionais da voz com queixas vocais atendidos em um centro terciário de saúde.** Rev. Bras. Otorrinolaringol., São Paulo; 73 (1). Feb., 2007.
- 49.FOUQUET, M.L.; VIEIRA, T.P.G.; MURATA, C.J.M.; GONÇALVES, A.J. **Efeito imediato da técnica de firmeza glótica nas laringectomias parciais horizontais supracricoides: estudo inicial.**RevSocBrasFonoaudiol. 2012; 17(3):346-50.
- 50.GAMA, A.C.C.; BEHLAU, M.S. **Estudo da constância de medidas acústicas de vogais prolongadas e consecutivas em mulheres sem queixa de voz e em mulheres com disfonia.** RevSocBrasFonoaudiol, 14 (1): 8-14, 2009.
- 51.GIL, A.C. **Métodos e técnicas de pesquisa social.**4 ed. São Paulo: Atlas, 1994. 207 p.
- 52.GOGNIASHVILI, G.; JAPARIDZE, S.H.; KHUJADZE, M. **Influence of acoustic rhinometry, rhinoresistometry and endoscopic sinus surgery on voice quality.** Georgian Med News;(176):30-4. 2009.

53. GONÇALVES, M.I.R.; PONTES, P.A.L.; VIEIRA, V.P.; PONTES, A.A.L.; CURCIO, D.; BIASE, N.G. **Função de transferência das vogais orais do Português brasileiro: análise acústica comparativa.** *Braz J Otorhinolaryngol*, 2009; 75 (5): 680-4.
54. GUZMAN, M.; ACUÑA, G.; PACHECO, F.; PERALTA, F.; ROMERO, C.; VERGARA, C.; QUEZADA, C. **The Impact of Double Source of Vibration Semioccluded Voice Exercises on Objective and Subjective Outcomes in Subjects with Voice Complaints.** *J Voice*. 2017 Dec.
55. GUZMAN, M.; CASTRO, C.; TESTART, A.; MUÑOZ, D.; GERHARD, J. **Laryngeal and pharyngeal activity during semioccluded vocal tract postures in subjects diagnosed with hyperfunctional dysphonia.** *J Voice*. 2013 Nov; 27(6):709-16.
56. HAMPALA, V.; LAUKKANEN, A.M.; GUZMAN, M.A.; HORÁČEK, J.; ŠVEC, J.G. **Vocal Fold Adjustment Caused by Phonation Into a Tube: A Double-Case Study Using Computed Tomography.** *Journal of Voice*. November 2015;29(6): 733–742.
57. HARST, S.V.D.; VELDE, H.V.; HOUT, R.V. **Variation in Standard Dutch vowels: The impact of formant measurement methods on identifying the speaker's regional origin.** *Language Variation and Change*, Cambridge University Press, 2014; p. 247-272.
58. HARTL, D.M.; HANS, S.J.; VAISSIÈRE, R.M., BRASNU, D.F. **Objective Voice Quality Analysis Before and After Onset of Unilateral Vocal Fold Paralysis.** *Jornal da Voz* . 2001; 15 (3): 351-361.
59. HILLMAN, R.E.; HOLMBERG, E.B.; PERKELL, J.S.; WALSH, M.; VAUGHAN, C. **Objective assessment of vocal hyperfunction: an experimental framework and initial results.** *J Speech Hear Res*. 1989; 32:373–392.
60. HILLMAN, R.E.; HOLMBERG, E.B.; PERKELL, J.S.; WALSH, M.; VAUGHAN, C. **Phonatory function associated with hyperfunctionally related vocal fold lesions.** *J Voice*. 1990; 4:52–63.
61. HOCEVAR-BOLTEZAR, I.; BOLTEZAR, M.; ZARGI, M. **The influence of cochlear implantation on vowel articulation.** *JAcoustSoc Am*. 2008 Jun;123(6):4466-81

62. HOLMBERG, E.B.; HILLMAN, R.E.; HAMMARBERG, B.; SODERSTEN, M.; DOYLE, P. **Efficacy of a Behaviorally Based Voice Therapy Protocol for Vocal Nodules.** Journal of Voice: 15(3), 2001.
63. HONG, K.H.; YANG, W.S.; PARK, M.J.; SEOK OH, J.; HAN, B.H. **Changes in Oral Vowel Sounds and Hyoid Bone Movement After Thyroidectomy.** Clinical and Experimental Otorhinolaryngology, June/18. 2016.
64. HUNG, Y.C.; LEE, Y.J.; TSAI, L.C. **vowel production of mandarin-speaking hearing aid users with different types of hearing loss.** PLoS One. 2017 Jun 2; 12(6):e0178588.
65. ISHIKAWA, K.; BOYCE, S.; KELCHNER, L.; POWELL, M.G.; SCHIEVE, H.; ALARCON, A.; KHOSLA, S. **The Effect of Background Noise on Intelligibility of Dysphonic Speech.** J Speech Lang Hear Res. 2017 Jul 12;60(7):1919-1929.
66. JANOTT, C.; SCHULLER, B; HEISER, C. **Acoustic information in snoring noises.** HNO. 2017 Feb;65(2):107-116.
67. JI, Y.B.; CHO, Y.H.; SONG, C.M.; KIM, Y.H.; KIM, J.T.; AHN, H.C.; TAE, K. **Long-term functional outcomes after resection of tongue cancer: determining the optimal reconstruction method.** Eur Arch Otorhinolaryngol. 2017.
68. JIANG, J.J.; ZHANG, Y.; MACCALLUM, J.; SPRECHER, A.; ZHOU, L. **Objective acoustic analysis of pathological voices from patients with vocal nodules and polyps.** Folia Phoniatr Logop. 2009;61(6):342-9.
69. KAHLE, C. **Manual prático de técnica vocal; para atores, cantores, oradores, professores e locutores.** Porto Alegre: Ed. Sulina; 1966.
70. KARA, M.; ÖZTÜRK, K.; ÖZER, B. **An evaluation of the effects of adenoidectomy on voice and speech function in children.** KulakBurunBogazIhtisDerg. 2013 Jul-Aug; 23(4):225-31.
71. KENT, R.D.; KIM, Y. Acoustic Analysis of Speech. In: **The Handbook of Clinical Linguistics.** Edited by Martin J. Ball, Michael R. Perkins, Nicole Müller and Sara Howard. Blackwell Publishing Ltd. ISBN: 978-1-405-13522-1. 2008.
72. KENT, R.D.; READ, C. (1992). **Análise Acústica da fala.** Traduzido sob a direção de Alexsandro Meireles. 1º Ed. 2015. 497p.

73. KENT-BRAUN, J.A.; FITTS, R.H.; CHRISTIE, A. **Skeletal muscle fatigue.** Compr Physiol. 2012 Apr;2(2):997-1044.
74. KILIÇ, M.A.; OĞÜT, F.; DURSUN, G.; OKUR, E.; YILDIRIM, I.; MIDILLI, R. **The effects of vowels on voice perturbation measures.** J Voice. 2004 Sep;18(3):318-24.
75. KIM Y.; CHOI, Y. **A Cross-Language Study of Acoustic Predictors of Speech Intelligibility in Individuals With Parkinson's Disease.** J Speech Lang Hear Res. 2017 Aug 18:1-13.
76. KIM, Y.J.; KENT, R.D.; WEISMER, G. (2011). **An acoustic study of the relationships among neurologic disease, dysarthria type and severity of dysarthria.** Journal of Speech, Language, and Hearing Research, 54, 417–429.
77. KUMAR, B.R.; BHAT, J.S.; MUKHI, P. **Vowel Harmonic Amplitude Differences in Persons With Vocal Nodules.** Journal of Voice, 25(5): 2011.
78. LADEFOGED, P. **Vowels and Consonants: an Introduction to the Sounds of Languages.** Oxford: Blackwell Publishers; 2001.
79. LADEFOGED, P. **Vowels and consonants: an introduction to the sounds of languages.** 2. ed. Los Angeles: Blackwell Publishing, 2007.
80. LANSFORD, K.L.; LISS, J.M. **Vowel acoustics in dysarthria: speech disorder diagnosis and classification.** J Speech Lang Hear Res. 2014 Feb;57(1):57-67.
81. LAUKKANEN, A.M.; HORÁČEK, J.; KRUPA, P.; SVEC, J.G. **The effect of phonation in to a straw on the vocal tract adjustments and formant frequencies. A preliminary MRI study on a single subject completed with acoustic results.** Biomedical Signal Processing and Control. 2012.
82. LAUKKANEN, A.M.; TITZE, I.R.; HOFFMAN, H.; FINNEGAN, E. **Effects of a semiocluded vocal tract on laryngeal muscle activity and glottal adduction in a single female subject.** Folia Phoniatr Logop. 2008;60:298–311.
83. LEE, J.W.; KANG, H.G.; CHOI, J.Y.; SON, Y.I. **An Investigation of Vocal Tract Characteristics for Acoustic Discrimination of Pathological Voices.** BioMed Research International. 2013.
84. LIAO, J.S. **An Acoustic Study of Vowels Produced by Alaryngeal Speakers in Taiwan.** Am J Speech Lang Pathol. 2016 Nov 1;25(4):481-492.

85. LIBERMAND, P.; BLUMENSTEIN, S.E. **Speech physiology, speech perception and acoustic phonetics**. (Cambridge Studies in Speech Science and Communication). Cambridge, USA: Cambridge University Press, 1988.
86. LIMA, J.P.M.; CIELO, C.A.; SCAPINI, F. **Fonação em tubo de vidro imerso em água: análise vocal perceptivo auditiva e videolaringostroboscópica de mulheres sem afecções laringeas, queixas ou alterações vocais**. Rev. CEFAC. 2015. 17 (6): 1760-1772.
87. LIMA, M.F.B.; CAMARGO, Z.A.; FERREIRA, L.P.; MADUREIRA, S. **Qualidade Vocal e Formantes das Vogais de Falantes Adultos da Cidade de João Pessoa**. Rev CEFAC, São Paulo, v.9, n.1, p. 99-109, jan-mar, 2007.
88. LINDBLOM, B.E.F.; SUNDBERG, J.E.F. **Acoustical consequences of lip, tongue, jaw, and larynx movement**. J Acoust Soc Am. 1971;50:1166–1179.
89. LOPES, L.W.; FREITAS, J.A.; ALMEIDA, A.A.; SILVA, P.O.C.; ALVES, G.Â.D.S. **Performance of the phonatory deviation diagram in the evaluation of rough and breathy synthesized voices**. Braz J Otorhinolaryngol. 2017 Jul 5. pii: S1808-8694(17)30104-0.
90. LU, D.; CHEN, F.; YANG, H.; YU, R.; ZHOU, Q.; ZHANG, X.; REN, J.; ZHENG, Y.; ZHANG, X.; ZOU, J.; WANG, H.; LIU, J. **Changes After Voice Therapy in Acoustic Voice Analysis of Chinese Patients With Voice Disorders**. J Voice. 2017 Jun 9. pii: S0892-1997(17)30093-0.
91. MACHADO, L.M.S. **Análise acústica das vogais pretônicas [-bx] no falar do rio de janeiro**. Dissertação (Mestrado) – UFRJ. Programa de Pós-Graduação em Letras Vernáculas, 2010.
92. MARCHESAN, I.Q. **O que são e como tratar as alterações de fala de origem fonética**. In: Britto ATO (organizadora). Livro de Fonoaudiologia. São José dos Campos-SP: Pulso; 2005.
93. MATEUS, M.H.M.; FALÉ, I.; FREITAS, M.J. **Fonética e fonologia do português**. Lisboa: Universidade Aberta, 2005.
94. MAXFIELD, L.; PALAPARTHI, A.; TITZE, I. **New Evidence That Nonlinear Source-Filter Coupling Affects Harmonic Intensity and *fo* Stability During Instances of Harmonics Crossing Formants**. Journal of Voice, 2016.

95. MEERSCHMAN, I.; LIERDE, K.V.; PEETERS, K.; MEERSMAN, E.; CLAEYS, S.; D'HAESELEER, E. **Short-Term Effect of Two Semi Occluded Vocal Tract Training Programs on the Vocal Quality of Future Occupational Voice Users: "Resonant Voice Training Using Nasal Consonants" Versus "Straw Phonation"**. Journal of Speech, Language, and Hearing Research, 2017. 18p.
96. MENEZES, M.H.M.; DUPRAT, A.C.; COSTA, H.O. **Vocal and Laryngeal Effects of Voiced Tongue Vibration Technique According to Performance Time**. Journal of Voice. 2005;19(1):61-70.
97. MILLER, N. **Communication changes in Parkinson's disease**. Pract Neurol. 2017 Aug;17(4):266-274.
98. MOLLAEI, F.; SHILLER, D.M.; BAUM, S.R.; GRACCO, V.L. **Sensorimotor control of vocal pitch and formant frequencies in Parkinson's disease**. Brain Res 1646. Junho de 2016; PP. 269-277.
99. MOREIRA, F.S.; GAMA, A.C.C. **Efeito do tempo de execução do exercício vocal sopro e som agudo na voz de mulheres**. CoDAS 2017;29(1): e20160005.
100. NALESSO, K.S. **Efeito terapêutico do uso exclusivo do tubo de ressonância flexível na região glótica e no trato vocal supraglótico**. Dissertação de mestrado - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Ciências Médicas. 2015.
101. NAYAK, J.; BHAT, P.; ACHARYA, R.; AITHAL, U.V. **Classification and analysis of speech abnormalities**. ITBM-RBM. 2005; 26:319-27.
102. NIEBUDEK-BOGUSZ, E.; WOŹNICKA, E.; KORCZAK, I.; ŚLIWIŃSKA-KOWALSKA, M. **Ocenaprzydatnościanalizyformantowejgłosu w diagnozowaniudysfoniiczynnościowych**. Otorinolaryngologia. 2009, 8(4): 184-192.
103. OLIVEIRA, M.; PACHECO, V. **Características fonéticas e contrastes fonológicos em dados de fala de pessoas com down: perspectiva da geometria de traços**. Linguística. Diciembre 2016, 32 (2).
104. PAES, S.M.; BEHLAU, M. **Dosage dependent effect of high-resistance straw exercise in dysphonic and non-dysphonic women**. CoDAS 2017; 29(1):e20160048.

105. PAES, S.M.; ZAMBON, F.; YAMASAKI, R.; SIMBERG, S.; BEHLAU, M. **Immediate Effects of the Finnish Resonance Tube Method on Behavioral Dysphonia.** J Voice. 2013;27(6):717-22.
106. PAES, SM. **Efeito do tempo de realização do exercício de fonação em canudo de alta resistência em indivíduos disfônicos e não disfônicos.** 2013. 74 f. Dissertação (Mestrado) - Distúrbios da Comunicação Humana, Universidade Federal de São Paulo, São Paulo, 2013.
107. PARSONS, T.W. **Voice and speech processing.** New York (NY): McGraw-Hill, 1986.
108. PEDROSO, M.I.L. Técnicas vocais para profissionais da voz. In: Ferreira LP, Costa HO. **Voz ativa: falando sobre o profissional da voz.** São Paulo: Roca; 2000. p.119- 136.
109. PEREIRA, E.C.; SILVÉRIO, K.C.A.; MARQUES, J.M.; CAMARGO, P.A.M. **Efeito imediato de técnicas vocais em mulheres sem queixa vocal.**Revista CEFAC: Atualizacao Cientifica em Fonoaudiologia e Educacao, Sept-Oct, 2011, p.886(9).
110. PETERSON, G.E.; BARNEY, H.L. **Control Methods Used in a Study of the Vowels.** The journal of the acoustical society of, 1951; 24 (2).
111. PIMENTA, R.A.; DÁJER, M.E.; HACHIYA, A; TSUJI, D.H.; MONTAGNOLI, N.A. **Parâmetros acústicos e quimografia de alta velocidade identificam efeitos imediatos dos exercícios de vibração sonorizada e som basal.**CoDAS 2013;25(6):577-83.
112. PINHO, S.M.R. **Fundamentos em Fonoaudiologia.** Tratando os distúrbios da voz. Guanabara Koogan, 1998. 125 p.
113. PISANSKI, K.; CARTEI, V.; MCGETTIGAN, C.; RAINE, J.; REBY, D. **Voice Modulation: A Window into the Origins of Human Vocal Control?**TendênciasCognSci . 2016 Abr; 20 (4): 304-18.
114. RAPHAEL, L.J.; BELL-BERTI, F.; COLLIER, R.; BAER, T. **Tongue position in rounded and unrounded front vowel pairs.** Language and speech, vol. 22, part 1, 1979.
115. RIBEIRO, V.V.; OLIVEIRA, A.G.; SILVA, V.J.; SIQUEIRA, L.T.D.; MOREIRA, P.A.M.; BRASOLOTTO, A.G.; SILVERIO, K.C.A. **The Effect of a Voice Therapy Program Using Semioccluded Vocal Tract Exercises in**

Women With Behavioral Dysphonia. J Voice. 2018 Jan 17. pii: S0892-1997(17)30409-5.

116. SAMPAIO, M.; OLIVEIRA, G.; BEHLAU, M. **Investigação de efeitos imediatos de dois exercícios de trato vocal semi-ocluído.** Pró-Fono R. Atual. Cient.: 2 (4), Oct./Dec. 2008.
117. SANTOS, J.M. **Aspectos acústicos e fisiológicos do sistema ressonantal vocal como ferramenta para ensino-aprendizagem do canto lírico.** Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro, 2010.
118. SAPIR, S.; SPIELMAN, J.L.; RAMIG, L.O.; STORY, B.H.; FOX, C. **Effects of intensive voice treatment (the Lee Silverman Voice Treatment [LSVT]) on vowel articulation in dysarthric individuals with idiopathic Parkinson disease: acoustic and perceptual findings.** J Speech Lang Hear Res. 2007 Dec; 50(6):1652.
119. SCHNEIDER, C.M.; DENNEHY, C.A.; SAXON, K.G. **Exercise Physiology Principles Applied to Vocal Performance: The Improvement of Postural Alignment.** Journal of Voice. 1997 Sep 11(3):332-7.
120. SCHWARZ, K.; CIELO, C.A. **Modificações laríngeas e vocais produzidas pela técnica de vibração sonorizada de língua.** Pró-Fono Revista de Atualização Científica. 2009 abr-jun; 21(2):161-6.
121. SHANK, S.; WILSON, I. **An acoustic analysis of vowel formants in pharyngeal and glottal contexts in Nuu-chah-nulth.** University of Washington Working Papers in Linguistics, v. 19, p. 75-84. 2000.
122. SHAUGHNESSY, D. **Invited paper: Automatic speech recognition: History, methods and challenges.** Pattern Recognition. 2008; 41:2965–2979.
123. SILVA, F.C.; RAMOS, L.A.; SOUZA, B.O.; MEDEIROS, A.M.; GAMA, A.C.C. **Tempo ideal de vibração sonorizada de língua em crianças disfônicas.** Distúrb Comun, São Paulo, 29(4): 673-682, dezembro, 2017.
124. SILVA, T.C. **Fonética e fonologia do português: roteiro de estudos e guia de exercícios.** 7º ed. São Paulo: Contexto, 2003. 273 p.
125. SIQUEIRA, L.T.D.; SILVERIO, K.C.A.; BRASOLOTTO, A.G.; GUIRRO, R.R.J.; CARNEIRO, C.G.; BEHLAU, M. **Effects of laryngeal manual therapy**

- (LMT) and transcutaneous electrical nerve stimulation (TENS) in vocal folds diadochokinesis of dysphonic women: a randomized clinical trial.** *Codas*. 2017 May 15;29(3):e20160191.
126. SKODDA, S.; VISSER, W.; SCHLEGEL, L. **Vowel articulation in Parkinson's disease.** *J Voice*. 2011 Jul;25(4):467-72.
 127. STEMPLE, J. **Clinical Voice Pathology: Theory and Management.** Columbus, OH: Merrill; 1984.
 128. STEVENS, K.N. **Acoustic phonetics.** Cambridge, MA: the MIT Press, 1998.
 129. STOREY, A. **A functional analyses of sensory units innervating epiglottis and larynx.** *Expt. Neurol*1968;20:366-83.
 130. STORY, B.H.; LAUKKANEN, A.M.; TITZE, I.R. **Acoustic impedance of an artificially lengthened and constricted vocal tract.** *J Voice*. 2000;14:455–469.
 131. SUBTENLY, J.D.; WHITEHEAD, R.L.; SAMAR, V.J. (1992) **Spectral study of deviant resonance in the speech of women who are deaf.** *J Speech Hear Res* 35: 574–579
 132. SUNDBERG, J. **The science of the singing voice.** Illinois: Northern Illinois University Press, 1987.
 133. SUZART, D.D.; CARVALHO, A.R.R. **Alterações de fala relacionadas às alterações do frênuo lingual em escolares.** *Rev. CEFAC*. 2016 Nov-Dez; 18(6):1332-1339.
 134. TITZE, I.; RIEDE, T.; POPOLO, P. **Nonlinear source-filter coupling in phonation: vocal exercises.** *J Acoust Soc Am* . 2008 Abr; 123 (4): 1902-1915.
 135. TITZE, I.R. **Nonlinear source-filter coupling in phonation: theory.** *J Acoust Soc Am*. 2008 May;123(5): 2733-49.
 136. TITZE, I.R. **Phonation Threshold Pressure Measurement With a Semi-Occluded Vocal Tract.** *J Speech Language Hearing Research*. 2009; 52(1):1062-72.
 137. TITZE, I.R. **The physics of small-amplitude oscillation of the vocal folds.** *J. Acoust. Soc.*, 1988; pp. 1536–1552.

138. TITZE, I.R. **Voice Training and Therapy With a Semi-Occluded Vocal Tract: Rationale and Scientific Underpinnings.** J Speech Lang Hear Res. 2006; 49:448-59.
139. TRUBETZKOY, N. S. **A fonologia atual.** Trad. R. A. FIGUEIRA. In: DASCAL, M. (org.). Fundamentos metodológicos de linguística. Fonologia e sintaxe. V. 2. Campinas: 1981, p.15-35.
140. UYGUN, M.N.; ESEN, AYDINLI. F.; AKSOY, S.; ÖZCEBE, E. **Turkish Standardized Reading Passage for the Evaluation of Hard Glottal Attack Occurrence Frequency.**J Voice. 2017 May 9.
141. VALENÇA, E.; SALVATORI, R.; SOUZA, A.H.; OLIVEIRA-NETO, L.A.; OLIVEIRA, A.H.; GONÇALVES, M.I.; OLIVEIRA, C.R.; D'ÁVILA, J.S.; MELO, V.A.; CARVALHO, S.; BARRETO, V.M.; MELO, E.V.; AGUIAR-OLIVEIRA, M.H. **Voice Formants in Individuals With Congenital, Isolated, Lifetime Growth Hormone Deficiency.**J Voz, 2016 May; 30 (3): 281-6.
142. VAMPOLA, Tomas *et al.* **Vocal tract changes caused by phonation into a tube: a case study using computer tomography and finite-element modeling.** J Acoust Soc Am, Czech Republic, 129 (1) p.310, jan. 2011.
143. VERHOEVEN, J.; HIDE, O.; MAEYER, S.; GILLIS, S.; GILLIS, S. **Hearing impairment and vowel production. A comparison between normally hearing, hearing-aided and cochlear implanted Dutch children.** J CommunDisord. 2016 Jan-Feb;59:24-39.
144. VOLPATO, G.L. Tipos de investigação. In: _____. **Curso de redação científica.** Botucatu: UNESP, [2011c]. Disponível em: <http://propgdb.unesp.br/redacao_cientifica/>. Acesso em: 20 out. 2011
145. VORPERIAN, H.K.; KENT, R.D. **Vowel acoustic space development in children: a synthesis of acoustic and anatomic data.** Journal of Speech, Language, and Hearing Research, 2007; 50: 1510–1545.
146. VORPERIAN, H.K.; KENT, R.D.; GENTRY, L.R.; YANDELL, B.S. **Magnetic resonance imaging procedures to study the concurrent anatomic development of vocal tract structures: preliminary results.**Int J PediatrOtorhinolaryngol. 1999;49:197–206.
147. VOSPERIAN, H.K.; KURTZWEIL, S.L.; FOURAKIS, M.; KENT, R.D.; TILLMAN, K.K.; AUSTIN, D. **Effect of body position on vocal tract**

acoustics: Acoustic pharyngometry and vowel formants.J. Acoust. Soc. Am, v.138, n. 2, August 2015.

148. XUE, S.A.; LAM, C.W.; WHITEHISS, T.L.; SAMMAN, N. **Effects of class III malocclusion on young male adults' vocal tract development: a pilot study.** J CraniofacSurg, 2011; 20:161–164.
149. YAMASAKI, R.; MURANO, E.Z. ; GEBRIM, E.; HACHIYA, A.; MONTAGNOLI, A.; BEHLAU, M.; TSUJI, D. **Vocal tract adjustments of dysphonic and non-dysphonic women pre- and post-flexible resonance tube in water exercise: a quantitative mri study.** J Voice. 2016 Jul; 31 (4): 442-454.
150. ZIMMER, V. **Tempo ideal de vibração lingual sonorizada e qualidade vocal de mulheres.** [dissertação]. Santa Maria: Universidade de Santa Maria; 2011.

ANEXO A



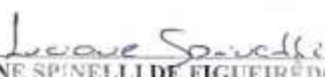
UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE
DEPARTAMENTO DE FONOAUDIOLOGIA



CERTIDÃO

CERTIFICO que foi aprovado, por unanimidade, na 65ª Reunião Ordinária do Colegiado do Departamento de Fonoaudiologia, o Projeto de Pesquisa intitulado "Parâmetros acústico-articulatórios e perceptuais pré e pós-exercício vocal", sob a responsabilidade do Prof. Dr. Leonardo Wanderley Lopes.

João Pessoa – PB, 05 de setembro de 2016.


LUCIANE SPINELLI DE FIGUEIREDO PESSOA
Chefe do Deptº de Fonoaudiologia

Departamento
de Fonoaudiologia/CCS/UFPB
1887425

Departamento de Fonoaudiologia
Centro de Ciências da Saúde / Universidade Federal da Paraíba
Campus I – João Pessoa / PB
e-mail: denfono@ccs.ufpb.br
(83) – 3216-7831

ANEXO B

UFPB - CENTRO DE CIÊNCIAS
DA SAÚDE DA UNIVERSIDADE
FEDERAL DA PARAÍBA



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: Parâmetros acústico-articulatórios e perceptuais pré e pós-exercício vocal

Pesquisador: FERNANDA PEREIRA FRANCA

Área Temática:

Versão: 3

CAAE: 64573817.5.0000.5188

Instituição Proponente: Centro De Ciências da Saúde

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 2.158.960

Apresentação do Projeto:

Pouco ainda se entende sobre a influência da fonte sonora sobre o trato vocal. Emergindo o interesse da compreensão dos mecanismos acústicos da produção da fala, em especial das vogais orais /a/, /i/ e /u/, que compreendem as extremidades do triângulo acústico das vogais, com a finalidade de refinar o conhecimento fonético.

Objetivo da Pesquisa:

Analisar o triângulo acústico das vogais orais do português brasileiro /a/, /i/ e /u/ pré e pós exercício vocal.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Os benefícios superam os riscos.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

Será realizada análise estatística descritiva para todas as variáveis independentes analisadas, incluindo-se os

valores de média e desvio padrão.

A coleta das vozes acontecerá no Laboratório de Voz e Fala do Departamento

Endereço: UNIVERSITARIO S/N

Bairro: CASTELO BRANCO

CEP: 58.051-900

UF: PB

Município: JOAO PESSOA

Telefone: (83)3216-7791

Fax: (83)3216-7791

E-mail: eticaccsufpb@hotmail.com

Continuação do Parecer: 2.158.960

de Fonoaudiologia da Universidade Federal da Paraíba.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Quanto ao local de pesquisa está registrado no projeto que registre-se nas informações básicas e apresentar carta de anuência.

Colocar no TCLE que, por se tratar de pesquisa com realização de entrevista com sujeitos, de acordo com a Resolução 466/12 do Conselho Nacional de Saúde-CNS, oferece riscos mínimos ou imprevisíveis.

Recomendações:

Não há.

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

As pendências sinalizadas foram cumpridas.

Considerações Finais a critério do CEP:

Certifico que o Comitê de Ética em Pesquisa do Centro de Ciências da Saúde da Universidade Federal da Paraíba – CEP/CCS aprovou a execução do referido projeto de pesquisa.

Outrossim, informo que a autorização para posterior publicação fica condicionada à submissão do Relatório Final na Plataforma Brasil, via Notificação, para fins de apreciação e aprovação por este egrégio Comitê.

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_858720.pdf	20/05/2017 10:15:32		Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE.pdf	20/05/2017 10:14:05	FERNANDA PEREIRA FRANCA	Aceito
Outros	CARTA_DE_ANUENCIA.pdf	20/05/2017 10:13:31	FERNANDA PEREIRA FRANCA	Aceito
Outros	EXAME.pdf	05/04/2017 09:50:59	FERNANDA PEREIRA FRANCA	Aceito
Outros	certidao.pdf	05/04/2017 09:40:15	FERNANDA PEREIRA FRANCA	Aceito
Folha de Rosto	folha_de_rosto.pdf	06/02/2017 10:28:24	FERNANDA PEREIRA FRANCA	Aceito

Endereço: UNIVERSITARIO S/N

Bairro: CASTELO BRANCO

CEP: 58.051-900

UF: PB

Município: JOAO PESSOA

Telefone: (83)3216-7791

Fax: (83)3216-7791

E-mail: eticaccsutpb@hotmail.com

UFPB - CENTRO DE CIÊNCIAS
DA SAÚDE DA UNIVERSIDADE
FEDERAL DA PARAÍBA



Continuação do Parecer: 2.158.960

Projeto Detalhado / Brochura Investigador	Projeto.pdf	03/02/2017 09:47:00	FERNANDA PEREIRA FRANCA	Aceito
---	-------------	------------------------	----------------------------	--------

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

JOAO PESSOA, 06 de Julho de 2017

Assinado por:

Eliane Marques Duarte de Sousa
(Coordenador)

Endereço: UNIVERSITARIO S/N

Bairro: CASTELO BRANCO

CEP: 58.051-900

UF: PB

Município: JOAO PESSOA

Telefone: (83)3216-7791

Fax: (83)3216-7791

E-mail: eticaccsufpb@hotmail.com

ANEXO C
UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

Eu, Fernanda Pereira França, mestrando do Programa de pós graduação em Linguística da Universidade Federal da Paraíba, estou desenvolvendo uma pesquisa intitulada “Parâmetros acústico-articulatórios e perceptuais pré e pós-exercício vocal”, cujo objetivo é analisar o triangulo acústico das vogais orais do português brasileiro /a/, /i/ e /u/ pré e pós exercício vocal.

Para que seja possível a realização desta pesquisa será necessária a participação de pacientes com diagnóstico laríngeo de nódulos vocais.

A sua participação enquanto voluntário estará restrita à gravação da voz durante emissão das vogais orais prolongadas /a/, /i/ e /u/ pronunciadas isoladamente, e dentro de palavras através de frases-veículo, e submeter-se-á a execução de uma técnica vocal.

Todos os voluntários da pesquisa terão liberdade para abster-se de participar sem que haja nenhum prejuízo, podendo até mesmo retirar-se da pesquisa em qualquer momento, apenas comunicando ao responsável. Ao longo de todo o estudo não haverá despesas pessoais para os voluntários, assim como não haverá benefício financeiro concedido.

De acordo com a literatura consultada, os procedimentos utilizados nesta pesquisa não trazem nenhum risco previsível para a saúde física e psicológica dos participantes e, em contrapartida, os resultados da pesquisa trarão grandes contribuições para a reabilitação da alteração vocal. A identidade de todos os voluntários será mantida em sigilo e os dados analisados em conjunto. Os resultados serão divulgados apenas em eventos e revistas de cunho científico. A todo o momento da realização, os sujeitos poderão solicitar esclarecimentos ao pesquisador no Departamento de Fonoaudiologia da Universidade Federal da Paraíba, situado no Campus I, e também pelo telefone (83) 3216-7831 ou via e-mail: fgafernandap@hotmail.com.

Eu, _____, declaro ter sido suficientemente informado em relação a essa pesquisa, estando ciente dos meus direitos e da garantia de receber respostas em casos de dúvidas, assim como a garantia de poder retirar o meu consentimento para a participação em qualquer momento da pesquisa. Afirmando que fui devidamente esclarecido acerca da confidencialidade dos dados e que minha participação é isenta de despesas e não conta com compensação financeira. Desse modo, concordo voluntariamente em participar desse estudo.

____ João Pessoa, ____/____/____

Assinatura do voluntário

Pesquisador responsável

Contato pesquisador:

Fernanda Pereira França

Tel.: 32167831 | E-mail: fgafernandap@hotmail.com

Endereço Comitê de Ética em Pesquisa do Centro de Ciências da Saúde:

Campus I - Cidade Universitária - Cidade Universitária - João Pessoa/PB - 58.051--90

ANEXO D

EXAME CLÍNICO DA MOTRICIDADE OROFACIAL (QUEIROGA *et al.*, 2008)

(Adaptação)

Data da avaliação: _____

Nome: _____

Data de Nascimento: _____ Idade: _____

Profissão: _____

Exame:	SIM	NÃO
I-Morfologia (Apresenta alguma alteração?)		
Nariz		
Lábios		
Bochechas		
Língua		
Tonsilas palatais (amígdalas)		
Palato duro		
Palato Mole		
II- Mobilidade:		
Lábios		
Protrusão		
Retração		
Vibração		
Apertamento		
Língua:		

Protrusão		
Retração		
Lado direito (dentro da boca)		
Lado esquerdo (dentro da boca)		
Para cima (dentro da boca)		
Para baixo (dentro da boca)		
Bochechas:		
Inflar uma e outra (alternar)		
Inflar as duas ao mesmo tempo		
Palato mole:		
Pronúncia do (a)		
Pronúncia do (ã)		
III-Tonicidade:		
Lábios		
Língua		
Bochechas		

Apresenta disfunção na articulação temporomandibular?

()Sim ()Não

Apresenta rinite, sinusite ou alguma infecção nas vias aéreas superiores?

()Sim ()Não