



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SAÚDE DA COMUNICAÇÃO HUMANA

GISELLE FRUTUOSO DO NASCIMENTO

**RELAÇÕES ENTRE GEOMETRIA OROFARÍNGEA E PARÂMETROS
FORMÂNTICOS E CEPSTRAIS DE CANTORES**

Recife

2022

GISELLE FRUTUOSO DO NASCIMENTO

**RELAÇÕES ENTRE GEOMETRIA OROFARÍNGEA E PARÂMETROS
FORMÂNTICOS E CEPSTRAIS DE CANTORES**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Saúde da Comunicação Humana do Centro de Ciências da Saúde da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para obtenção do título de mestre.

Área de concentração: Fonoaudiologia.

Orientador: Profa. Dra. Adriana de Oliveira Camargo Gomes

Coorientador: Prof. Dr.: Hilton Justino da Silva

Recife

2022

N244r	Nascimento, Giselle Frutuoso do Relações entre geometria orofaríngea e parâmetros formânticos e cepstrais de cantores / Giselle Frutuoso do Nascimento. – 2021. 85 f.; il. Orientadora: Adriana de Oliveira Camargo Gomes. Coorientador: Hilton Justino da Silva. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco, Centro de Ciências da Saúde. Programa de Pós-graduação em Saúde da Comunicação Humana. Recife, 2021. Inclui referências, apêndices e anexos. 1. Acústica da fala. 2. Canto. 3. Orofaringe. 4. Qualidade da voz. I. Gomes, Adriana de Oliveira Camargo. (orientadora). II. Silva, Hilton Justino da. (coorientador). III. Título.	614	CDD (23.ed.)	UFPE (CCS 2021 - 098)
-------	--	-----	--------------	-----------------------

GISELLE FRUTUOSO DO NASCIMENTO

**RELAÇÕES ENTRE GEOMETRIA OROFARÍNGEA E PARÂMETROS
FORMÂNTICOS E CEPSTRAIS DE CANTORES**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Saúde da Comunicação Humana do Centro de Ciências da Saúde da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para obtenção do título de mestre, com área de concentração em Fonoaudiologia.

Dissertação aprovada em: 25/02/2022

BANCA EXAMINADORA

Prof^a. Dra. Adriana de Oliveira Camargo Gomes (Orientadora)
Universidade Federal de Pernambuco

Prof. Dr. Hilton Justino da Silva (Coorientador)
Universidade Federal de Pernambuco

Prof^a. Daniele Andrade da Cunha (Examinadora Interna)
Universidade Federal de Pernambuco

Prof^a. Dr^a. Zulina Souza de Lira (Examinadora Interna)
Universidade Federal de Pernambuco

Prof^a. Dra. Alcione Ghedini Brasolotto (Examinadora Externa)
Faculdade de Odontologia de Bauru- Universidade de São Paulo

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus pela minha vida, por me trazer sempre fé, pelas surpresas boas nos momentos em que pensei em desistir e por seus planos em minha vida, que são maiores que os meus.

Aos meus pais, Almir e Adelma, por toda dedicação, ensinamentos, apoio, renúncias, por acreditarem em mim e me encorajarem a alçar voos cada vez mais altos. O apoio que me deram foi imprescindível para que este trabalho pudesse ser concretizado. Amo vocês incondicionalmente.

Ao meu futuro esposo, Gustavo, por seu amor, companheirismo, paciência compreensão e por sua capacidade de me trazer paz em meio a toda essa correria e momentos de angústias.

As minhas irmãs queridas, Ana Luiza e Ana Beatriz, sempre presentes em todos os momentos, obrigada pela sensibilidade, cumplicidade, pelos carinhos e incentivos constantes!

À minha Orientadora, Prof^a. Dra. Adriana de Oliveira Camargo, por ser tão completa durante este processo. Por ter um olhar de professora, orientadora e por todo o cuidado que tem com seus alunos e que teve comigo. Muito obrigada não apenas pelas contribuições no campo acadêmico, mas também pelo afeto e cuidado em todos os momentos. Todo o aprendizado que tive com senhora foram preciosos.

Ao meu coorientador, Prof. Dr Hilton Justino que esteve sempre acessível às demandas levantadas, instruindo, direcionando e solucionando as problemáticas. Obrigada por toda paciência e confiança dada ao longo desta dissertação.

Aos membros da banca, Prof^a. Dra. Alcione Ghedini (USP), Prof^a. Daniele Andrade (UFPE) e Prof^a. Dr^a. Zulina Souza (UFPE), obrigada por aceitarem prontamente ao convite para avaliação deste trabalho, pelas contribuições desde o projeto inicial, com valiosas considerações para enriquecimento deste trabalho.

Aos meus queridos colegas de turma do Mestrado, que tornaram os dias mais leves e alegres, em especial as minhas queridas amigas Dayanne Almeida e Carolina Costa. Como foi bom crescer, aprender tanto e ter a certeza que construí laços que seguirão pela minha vida.

Aos docentes do PPGSCH/UFPE pelo aprendizado proporcionado e dedicação que tiveram na execução das disciplinas, tal como a coordenação do PPGSCH/UFPE, sempre comprometida e atenta aos interesses acadêmicos dos discentes.

A todo Departamento de Fonoaudiologia da UFPE e aos demais funcionários do departamento de Fonoaudiologia da UFPE sempre prestativos no atendimento.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) pelo apoio ao desenvolvimento da minha formação.

RESUMO

O trato vocal exerce a função de “filtro” no resultado acústico da voz, pois seu formato é responsável por modular o som que é produzido na glote, amplificando e diminuindo a energia de determinados grupos de harmônicos, resultando nos formantes. Os ajustes musculares nas cavidades de ressonância faríngea, oral e nasal, em especial, interferem nas dimensões geométricas do trato vocal, resultando em modificações da qualidade da voz. Ademais, as dimensões de tais estruturas têm influência do sexo do falante, o que corrobora também para o resultado acústico vocal dos sujeitos. Para o trabalho vocal com o cantor, o conhecimento de tais interferências é relevante, pois elas têm impacto direto na estética vocal. Dessa forma, buscou-se verificar a correlação entre os parâmetros acústicos da voz, tanto no nível glótico, relativo aos parâmetros cepstrais, quanto no nível supraglótico, relativo aos formantes, e a geometria orofaríngea de cantores. Trata-se de um estudo descritivo, retrospectivo, de abordagem quantitativa, do tipo transversal com uso de dados secundários. A amostra foi composta por registros vocais e medidas faringométricas de 31 cantores com média das idades de 28 anos ($\pm 5,0$), sem alterações vocais, avaliados perceptivo-auditivamente por três juízas especialistas em Voz. Os cantores foram alocados em dois grupos, sendo o Grupo F formado pelos cantores do sexo feminino e o Grupo M com os cantores do sexo masculino. Os registros foram coletados de um banco de dados composto por valores das medidas de área, volume e comprimento de diferentes segmentos da orofaringe dos cantores selecionados para a amostra, coletadas por meio da faringometria acústica. Os registros vocais foram coletados a partir de um banco de dados com as gravações da vogal /ε/ sustentada, que foram exportadas e editadas no software Praat para obtenção das medidas formânticas e cepstrais. Foram identificadas diferenças entre os sexos apenas no comprimento da cavidade oral e no comprimento da cavidade faríngea, sendo que o primeiro foi maior no grupo masculino comparativamente ao grupo feminino, e o segundo foi maior no grupo feminino. No grupo Feminino foi observada correlação linear entre o terceiro formante e o cepstro. No grupo Masculino, o cepstro apresentou correlação linear com o terceiro e quarto formante. Para o grupo Feminino também foi identificada correlação linear positiva entre as variáveis do volume da cavidade faríngea e o segundo formante e foi possível estimar um modelo de regressão para o segundo formante ($R^2 = 0,70$). Conclui-se, portanto, que há correlações entre a geometria orofaríngea e os parâmetros formânticos e cepstrais quando relacionados ao sexo, sendo o volume da cavidade faríngea a variável com maior correlação entre o sexo feminino e o segundo formante.

Palavras-chave: acústica da fala; canto; orofaringe; qualidade da voz.

ABSTRACT

The vocal tract exercises the function of "filter" in the voice acoustic result, because its format is responsible for modulating the sound that is produced in the glottis, amplifying and reducing the energy of certain groups of harmonics, resulting in the formants. Muscular adjustments in the pharyngeal, oral and nasal resonance cavities, in particular, interfere in the geometric dimensions of the vocal tract, resulting in vocal quality changes. Moreover, the dimensions of such structures are influenced by the speaker's gender, which also corroborates the vocal acoustic result of the subjects. For the vocal work with the singer, the knowledge of such interferences is relevant, because they have a direct impact on vocal aesthetics. Thus, we sought to verify the correlation between voice acoustic parameters, both at the glottal level, related to cepstral parameters, and at the supraglottal level, related to formants, and the oropharyngeal geometry of singers. This is a descriptive, retrospective, quantitative, cross-sectional study, using secondary data. The sample was made up of vocal registers and pharyngometric measurements of 31 singers with a mean age of 28 years (± 5.0), without vocal alterations, perceptively and audibly evaluated by three voice specialist judges. The singers were allocated into two groups, Group F being made up of female singers and Group M with male singers. The records were collected from a database made up of area, volume and length measurement values of different segments of the oropharynx of the singers selected for the sample, collected by means of acoustic pharyngometry. The vocal registers were collected from a database with the recordings of the sustained vowel /E/, which were exported and edited in the Praat software in order to obtain the formant and cepstral measures. Differences between the sexes were identified only in the length of the oral cavity and in the length of the pharyngeal cavity, with the former being greater in the male group compared to the female group, and the second being greater in the female group. In the Female group a linear correlation was observed between the third formant and the stump. In the male group, the stump correlated linearly with the third and fourth formant. For the Female group, a positive linear correlation was also found between the pharyngeal cavity volume variables and the second formant, and it was possible to estimate a regression model for the second formant ($R^2 = 0.70$). It is therefore concluded that there are correlations between oropharyngeal geometry and the formant and cepstral parameters when related to gender, with the pharyngeal cavity volume being the variable with the highest correlation between female gender and the second formant.

Keywords: speech acoustics; singing; oropharynx; voice quality.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

DISSERTAÇÃO

Figura 1 - Organograma dos dados armazenados e os que foram realizados neste estudo	26
Figura 2 - Tela inicial da faringometria acústica.	30

ARTIGO - RELAÇÃO ENTRE GEOMETRIA OROFARÍNGEA E PARÂMETROS ACÚSTICOS VOCAIS DE CANTORES

Quadro 1 - Descrições das variáveis que podem ser obtidas através do programa do faringômetro.	40
--	----

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Medidas descritivas da idade e das variáveis da geometria orofaríngea para cada um dos grupos Feminino e Masculino e p-valores dos testes de comparação das médias de variável entre os grupos.	42
Tabela 2 - Medidas descritivas das variáveis acústicos da voz do estudo para cada um dos grupos Feminino e Masculino e p-valores dos testes de comparação das médias de variável entre os grupos.	43
Tabela 3 - Coeficiente de correlação linear de “Pearson” e P-valores entre o cepstro e cada um dos formantes, para o grupo Feminino e o grupo Masculino.	43
Tabela 4 - Coeficiente de correlação linear de “Pearson” e p-valores entre as variáveis da geometria orofaríngea e as variáveis da voz, para os grupos Feminino e Masculino.	44
Tabela 5 - Tabela 5: Estimativas, erros-padrão, estatísticas t e p-valores do modelo para o Segundo Formante.	45

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AG	Área da glote
AJO	Área da Junção Orofaríngea
CCF	Comprimento da Cavidade Faríngea
CCO	Comprimento da Cavidade Oral
Cm	Centímetros
CPP	Cepstral Peak Proemine
CPPS	Cepstral Peak Proeminence
CTV	Comprimento do Trato Vocal
dB	Decibels
F0	Frequência fundamental
F1	Primeiro formante
F2	Segundo formante
F3	Terceiro formante
F4	Quarto formante
FA	Faringometria acústica
Hz	Hertz
TCLE	Termo de Consentimento Livre e Esclarecido
TV	Trato Vocal
UFPE	Universidade Federal de Pernambuco
VCF	Volume da Cavidade Faríngea
VCO	Volume da Cavidade Oral
VTV	Volume do Trato Vocal

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
1.1	OBJETIVO GERAL:	15
1.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS:	15
2	REFERENCIAL TEÓRICO	16
2.1	TRATO VOCAL: VOZ E RESSONÂNCIA DO CANTOR	16
2.2	AVALIAÇÃO DO TRATO VOCAL: MEDIDAS DA GEOMETRIA OROFARÍNGEA	17
2.3	ANÁLISE ACÚSTICA DA VOZ: MEDIDAS FORMÂNTICAS E CEPSTRAIS	19
2.3.1	Formantes	20
2.3.2	Cepstro	22
3	MÉTODO	25
3.1	DELINEAMENTO DA PESQUISA	25
3.2	LOCAL DO ESTUDO	25
3.3	POPULAÇÃO DO ESTUDO	25
3.4	AMOSTRA	25
3.5	CRITÉRIOS PARA SELEÇÃO DA AMOSTRA	26
3.5.1	Critérios de Inclusão:	27
3.5.2	Critérios de Exclusão:	27
3.6	VARIÁVEIS DO ESTUDO	28
3.7	COLETA DE DADOS	29
3.8	PLANOS DE ANÁLISE DOS DADOS	33
3.9	CONSIDERAÇÕES ÉTICAS	33
3.10	RISCOS E BENEFÍCIOS	34
4	RESULTADOS	35

4.1	ARTIGO - RELAÇÃO ENTRE GEOMETRIA OROFARÍNGEA E PARÂMETROS ACÚSTICOS VOCAIS DE CANTORES.....	35
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	57
	REFERÊNCIAS	58
	APÊNDICE A - CARTA DE ANUÊNCIA COM AUTORIZAÇÃO DE USO DE DADOS DO LABORATÓRIO DE VOZ	68
	APÊNDICE B - CARTA DE AUTORIZAÇÃO DE USO DE DADOS DA RESPONSÁVEL PELO BANCO DE DADOS.....	69
	APÊNDICE C - JUSTIFICATIVA DE AUSÊNCIA DE TCLE	70
	APÊNDICE D - TUTORIAL DE EXTRAÇÃO DAS MEDIDAS ACÚSTICAS NO SOFTWARE PRAAT	71
	ANEXO A - NORMAS DE PUBLICAÇÃO DA REVISTA.....	77
	ANEXO B - COMPROVANTE DE APROVAÇÃO NO COMITÊ DE ÉTICA ...	82

1 INTRODUÇÃO

A voz é um fenômeno que se origina da passagem do ar expiratório por entre as pregas vocais gerando uma onda sonora complexa e quase periódica, formada pela frequência laríngea e seus múltiplos, chamados de harmônicos que, por meio de um processo natural de fisiologia acústica são amplificados ou velados em sua passagem pelo trato vocal, que exerce a função de filtro da voz. Portanto, a configuração tridimensional do trato vocal, confere modificações ao som que é produzido na glote por meio do posicionamento das estruturas como a laringe, o palato mole, a língua, os lábios e a mandíbula. (BARBOSA; MADUREIRA, 2015; BORDIANO; BECKER, 2018).

A onda sonora inicial, formada pela frequência fundamental (f_0) ou primeiro harmônico e os demais harmônicos do espectro laríngeo, caracteriza o som gerado no momento em que as pregas vocais se aproximam, a partir dela, as energias dissipadas no trato vocal supraglótico, cujo modo natural de vibração (ressonância) caracteriza-se nos formantes da voz, identificados pelos seus números sucessivos (F_1 , F_2 , F_3 , por exemplo) a partir de suas frequências mais baixas (KENT; READ, 2015; BARBOSA; MADUREIRA, 2015). Portanto, a análise dos formantes fornece informações acerca dos ajustes que estão sendo realizados pelo trato vocal supraglótico (MAGRI, STAMADO, CAMARGO, 2009; KENT; READ, 2015; BARBOSA; MADUREIRA, 2015; LOPES, et al, 2018, TRAGTENBERG, 2019).

Em termos funcionais, os ajustes musculares nas cavidades de ressonância faríngea, oral e nasal encontram-se diretamente ligadas à qualidade vocal, pois afetam o a forma do tubo por onde o som trafega, ou seja, modificam a geometria do trato vocal, que por sua vez, produz diferentes efeitos de ressonância. (TRAGTENBERG, 2019). Em resumo, as cavidades do trato vocal são estruturas que permitem a ressonância dos sons produzidos na laringe (BAHIANO, CATALDO, 2020)

Sendo assim, os ajustes glóticos e supraglóticos combinados às características anatômicas do indivíduo são um dos fatores responsáveis pela caracterização da qualidade vocal e refletem diretamente sobre as medidas da frequência dos formantes. Portanto, o padrão dessas frequências de formantes apresenta um *locus*, no qual se concentram maiores energias acústicas: o primeiro formante (F_1), na cavidade oral posterior e faringe; o segundo formante (F_2) na cavidade oral anterior; o terceiro (F_3) nas cavidades acima das pregas vocais

e em torno dos incisivos inferiores; e o quarto (F4) no comprimento do tubo laríngeo (FANT, 1966; CORDEIRO; PINHO; CAMARGO, 2007; GUSMÃO, 2014).

O quinto formante (F5) depende do comprimento do trato vocal e da configuração da faringe ($F5 = F3 + F4$) (SUNDBERG, 1974, LEINO, et al, 2010; FERGUSON, et al, 2010; GUSMÃO, 2014). Desse modo, F1 e F2 são sensíveis ao posicionamento dos lábios e da língua na cavidade oral, F3 sofre influência da cavidade oral situada imediatamente atrás dos incisivos e F4 está relacionado ao comprimento total do trato vocal (LINDBLOM; SUNDBERG, 1971; KENT, 1993; LAVER, 1994, CORDEIRO; PINHO; CAMARGO, 2007; VALENÇA et al., 2016).

A qualidade ou tipo da voz é definido pelo padrão básico de emissão vocal: ajustes motores empregados, tanto no nível da laringe e especificamente nas pregas vocais, quanto ao que se relaciona ao sistema de ressonância. O “timbre”, por sua vez, é comumente utilizado na literatura do canto, sendo conceituado na perspectiva fisiológica e acústica como resultado da união de vários sons harmônicos e dependente das cavidades de ressonância, que selecionam regiões do espectro do próprio som (MELO, 2015). Por determinarem a qualidade dos sons vocais, os formantes contribuem muito para o timbre “pessoal do cantor”, ou seja, sua qualidade e “brilho” vocais característicos (CORDEIRO, et al, 2007; BEHLAU et al., 2008).

Portanto, os ajustes laríngeos, a despeito de serem cruciais para promover o melhor resultado vocal, não são os únicos responsáveis por esse processo. É importante regular a forma do trato vocal e, particularmente, a região epilaríngea para produção de uma voz superior em fontes harmônicas. Esse parece ser o objeto principal para otimizar a geração e saída de som para o canto. (HERBST, 2017).

À vista disso, destaca-se a importância de uma avaliação que considere a relação entre padrões geométricos e estruturas envolvidas no desempenho da produção da voz nos cantores. Para tanto, têm-se como recurso as aferições acústicas da voz, utilizadas, dentre outros aspectos, para avaliação de medidas formânticas e cepstrais por meio de registros de gravação da voz e, para avaliação do trato vocal, a faringometria acústica que permite a análise de suas dimensões, quanto à área, volume e comprimento (BOUTET et al, 2016; KRIK et al, 2019).

Assim, este estudo buscou responder a seguinte questão: Qual a relação entre as medidas da geometria orofaríngea e os valores cepstrais e formânticos da voz de cantores? Tal

motivação se deu pela necessidade de se entender a interferência das medidas de diferentes segmentos da região orofaríngea quando comparadas entre si e com os resultados acústicos da voz.

Acredita-se que tal relação pode fornecer subsídios importantes para o desenvolvimento e aplicação de técnicas vocais mais específicas em cantores. Há que se considerar que, em cantores não treinados, a grande busca por projeção e brilho na voz pode acarretar várias tensões musculares como, por exemplo, a constrição da musculatura supraglótica, além da tensão das pregas vocais e a redução de seu movimento, o que pode influenciar da produção dos formantes (CORDEIRO, PINHO e CAMARGO, 2007).

Além disso, o estudo da relação entre as dimensões do trato vocal e os parâmetros acústicos espectrográficos e ceptrais podem oferecer subsídios para o diagnóstico e prognóstico das alterações vocais, com a possibilidade de verificar os padrões vocais e geometria orofaríngea da população estudada, e assim contribuir para o aprimoramento vocal dos cantores, favorecendo a projeção e a facilidade dos harmônicos para se obter formantes com brilho e qualidade.

Dessa forma, o presente estudo teve como objetivo verificar as possíveis correlações entre os parâmetros formânticos e ceptrais da voz e a geometria orofaríngea de cantores, estratificados por sexo e identificar os segmentos em que tais relações se evidenciam. Tais objetivos foram traçados a partir da hipótese da existência de uma relação entre as medidas de área, volume e comprimento de segmentos específicos da região orofaríngea e parâmetros acústicos vocais, em cantores, tendo em vista a influência da interação acústica da cavidade orofaríngea nas medidas formânticas e ceptrais da voz.

Com o intuito de alcançar os objetivos propostos, este estudo desenvolveu um desenho que o permite classificá-lo em descritivo, retrospectivo, de abordagem quantitativa, do tipo transversal, sendo realizado a partir de um banco de dados disposto no Laboratório de Voz do Departamento de Fonoaudiologia da Universidade Federal de Pernambuco (LAVOZ-UFPE).

Esta dissertação está estruturada em outros quatro capítulos: o referencial teórico está compondo o **segundo capítulo** e foi dividida em três subtópicos para abranger o tema – 1) trato vocal: fala, voz e ressonância do cantor; 2) análise acústica da voz: medidas formânticas e ceptrais; 3) avaliação da geometria orofaríngea: faringometria. O **terceiro capítulo** contém

o método da pesquisa, onde estão descritos o delineamento, local e população do estudo, definição de variáveis, coleta de dados, análise dos dados, considerações éticas, riscos e benefícios. **No quarto capítulo** estão os resultados que seguem apresentados em formato de artigo original, intitulado: **Relação entre geometria orofaríngea e parâmetros vocais de cantores**, que será submetido à Revista Journal of Voice extrato A2 na área de Educação Física da CAPES. As normas da revista podem ser consultadas no Anexo A da dissertação. **No quinto capítulo** são apresentadas as considerações finais desta dissertação.

1.1 OBJETIVO GERAL:

Verificar as possíveis correlações entre os parâmetros formânticos e cepstrais da voz e a geometria orofaríngea de cantores.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- a) Identificar os valores de área, volume e comprimento de diferentes segmentos da cavidade orofaríngea de cantores e verificar se há diferenças entre os sexos;
- b) Identificar os valores de frequência dos quatro primeiros formantes e do cepstro da voz de cantores e verificar se há diferenças entre os sexos;
- c) Verificar se há correlação entre os valores dos formantes e os valores cepstrais na voz de cantores, estratificados por sexo;
- d) Verificar se há correlação entre área, volume e comprimento dos diferentes segmentos da cavidade orofaríngea e os valores formânticos e cepstrais da voz de cantores, estratificados por sexo;

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 TRATO VOCAL: VOZ E RESSONÂNCIA DO CANTOR

O cantor pode ser considerado na categoria dos indivíduos que utilizam a voz como instrumento de trabalho, ou seja, os profissionais da voz. Esse grupo depende de uma qualidade vocal harmônica, integridade das estruturas envolvidas no processo de fonação, além de condições ocupacionais favoráveis para a adequada atuação e eficiência na sua performance (PUTNOKI et al, 2010; McHENRY; EVANS; POWITZKY, 2013).

A produção vocal caracteriza a qualidade da voz do indivíduo de acordo com mais de oitenta parâmetros vocais, dentre eles: frequência (tom), intensidade (volume), ressonância (amplificação do som), articulação da fala (BEHLAU et al, 2004). Tais estruturas compõem o trato vocal, entendido como dividido em duas partes, na teoria fonte-filtro: a laringe, em especial, as pregas vocais (fonte sonora) e a região supraglótica como o sistema ressonador (filtro) (ANDRADA E SILVA; DUPRAT, 2010; HERBST, 2017; JACOBS, 2017). Ademais, o ajuste na forma do trato vocal, mesmo sem fonação, facilita a produção da voz e afeta a eficiência vocal (GRAF et al, 2018).

A fonte glótica é o som primário da voz antes de sua amplificação e modificação pelo fenômeno da ressonância (MARIZ, 2013). Esse som, por sua vez, é irradiado pelo trato vocal que, de acordo com sua configuração específica, transforma as características acústicas da fonte glótica como um filtro, que “modela” o som gerado. (SUNDBERG, 2015).

O efeito dessa “modelagem” depende dos ajustes e posicionamento dos articuladores, responsáveis pela configuração do trato vocal. Portanto, para o cantor poder emitir um som específico, respeitando a estética de um estilo desejado, ele terá que aprender a “modelar” esse som, usando os vários articuladores do trato vocal que constituem o filtro. A maneira como o cantor “configurar” esse filtro resultará na qualidade vocal que deve se adequar ao estilo e repertório escolhidos (MARIZ, 2013). No canto, a articulação dos sons apresenta peculiaridades distintas da voz falada, a despeito de sua produção acontecer nos mesmos órgãos e sistemas (HUTCHINS; PERETZ, 2012).

Um exemplo disso, está em um estudo realizado com ressonância magnética de alta resolução, que evidenciou, na voz cantada, as vogais sustentadas produzidas com a laringe mais inferior, com maior área de secção transversal e maior volume da hipofaringe inferior e menor proporção da área e volume da laringe-hipofaringe. A combinação da laringe abaixada

e hipofaringe alargada foi encontrada nas versões cantadas das vogais / o / e / u /. Acusticamente, o aumento da energia de alta frequência encontrado ao cantar acima de 2 kHz, correlacionou-se com a área hipofaríngea mais larga. Além disso, foi encontrado um deslocamento para baixo do quarto formante (F4) para os sujeitos com trato vocal menor (MAINKA et al, 2015).

Entendendo-se que as orientações sobre a fisiologia do mecanismo de produção da voz para estimular a autoconsciência e percepção sensório-motora de seu trato vocal podem trazer benefícios para o controle e ajustes vocais de cantores, de acordo com as exigências impostas pela música e estilo (BADUREK et al, 2017; ANDRADE et al, 2007) alguns estudos se propuseram a identificar as relações entre forma do trato vocal e qualidade da voz de cantores (ROERS et al. 2009; YAN et al. 2013; ECHTERNACH et al, 2015; MAINKA et al., 2015; GRAF et al, 2018).

2.2 AVALIAÇÃO DO TRATO VOCAL: MEDIDAS DA GEOMETRIA OROFARÍNGEA

O estudo do trato vocal de cantores, por meio da análise de suas dimensões, tem sido cada vez mais frequente, em decorrência dos avanços tecnológicos. Com o intuito de se entender os efeitos reais de seu tamanho e suas configurações na produção da voz, tais estudos subsidiam a observação e mensuração de resultados de técnicas de canto aplicadas e do tratamento vocal, possibilitando verificar suas correlações com outras formas de avaliação, como a análise acústica (ROERS et al. 2009; ECHTERNACH et al, 2015; MAINKA et al., 2015; GRAF et al, 2018).

A imagem do trato vocal tem auxiliado a ciência da voz há décadas, nos estudos nas áreas de fala, canto e disfagia. Modificações no trato vocal, tais como: alargamento da área central, fechamento firme e diminuição da região do esfíncter velofaríngeo, verticalização da epiglote, elevação da região posterior da língua e expansão das áreas transversais da orofaringe e da cavidade oral foram identificadas, favorecendo a compreensão das funções e disfunções relacionadas à região orofaríngea (ALVES, 2013; CIELO et al., 2013). No entanto, nesses estudos, são utilizadas principalmente técnicas invasivas, como o exame de laringoscopia, raio-X, tomografia computadorizada, ressonância magnética e videofluoroscopia (TOKUHARA et al, 2019).

Especificamente no estudo da voz cantada, a partir de imagens de raios-X de 132 jovens cantores, observou-se que o comprimento do trato vocal (CTV) diferiu entre os

sujeitos de diferentes classificações vocais (diferentes naipes). O comprimento da cavidade faríngea (CCF), como esperado, mostrou relação forte com o CTV, o que parece explicar as diferenças de frequência de formantes entre as classificações de voz. Houve, ainda, relação entre a estatura do cantor e a classificação da voz: os sopranos tenderam a apresentar estaturas mais baixas, comparativamente aos demais naipes e os cantores do naipe baixo apresentaram estaturas maiores. Além disso, o CTV mostrou correlação significativa com o diâmetro sagital da traquéia, que, por sua vez, está fortemente correlacionada com o comprimento das pregas vocais (ROERS et al., 2009).

Em sopranos profissionais, com f_0 muito altas, foram encontradas modificações muito pequenas no trato vocal, durante o canto, relacionadas à posição da língua e dos seios piriformes, por meio de imagens de ressonância magnética. Modelos tridimensionais revelaram um pequeno aumento da abertura labial na parte lateral da boca e, como não houve grande alteração na articulação, as frequências dos formantes também não apresentaram diferenças significantes (ECHTERNACH et al, 2015).

Em estudo com 107 cantores, por meio da faringometria acústica, o comprimento da cavidade oral (CCO), o CTV e os volumes da cavidade oral (VCO) e do trato vocal (VTV) de sopranos foi menor que as medidas de mezzosopranos. Ademais, sugeriu-se que as dimensões específicas do trato vocal e as frequências dos formantes estão associadas a diferentes classificações vocais (YAN et al. 2013).

A vantagem da faringometria acústica, sobre os demais métodos de medidas do trato vocal é que essa técnica permite a avaliação quantitativa da geometria da cavidade orofaríngea de forma não invasiva e sem radiações. Possibilita a avaliação de todo o trato vocal, da região oral até à glote, a partir de um sinal acústico (click filtrado) refletido, após ser emitido pelo equipamento (faringômetro) para o interior da cavidade oral, por meio de um tubo. As medidas são analisadas por alterações na intensidade da onda reflexa e o tempo que ela gasta para retornar ao microfone do aparelho, após ter sido refletida pelas estruturas examinadas. (SIDELL; FREDBERG, 1978; HOFFSTEIN; FREDBERG, 1991; KAMAL, 2001; SILVA et al., 2021).

As medições extraídas compõem um gráfico (faringograma) cujas medidas de comprimento (em cm) são expressas no eixo das ordenadas e a área (em cm^2) no eixo das abscissas, apresentando as medidas da região oral - que vai dos dentes incisivos até o palato mole, faríngea – do palato mole até a hipofaringe e região laríngea - glote até à subglote. O

volume é calculado a partir da área do gráfico, permitindo, desse modo, o estudo geométrico da cavidade estudada (HOFFSTEIN, FREDBERG 1991; KAMAL, 2001; VOLPERIAN, 2015; SILVA et al., 2021).

O método também se destaca pela facilidade de execução, rapidez e reprodutibilidade, o que lhe confere importância em estudos clínicos (XUE, HAU, 2006; GELARDI, et al; 2007; MOLFENTER, 2016). Em adição, a faringometria acústica permite respiração espontânea livre durante o exame, realiza medidas em tempo real de toda a via aérea superior, simultaneamente, com boa acurácia, de repetição fácil e boa aceitação do paciente (BROOKS et al. 1989; XUE, HAU, 2006; GELARDI, et al; 2007; SILVA, 2014; MOLFENTER, 2016; SILVA et al., 2021). Ao contrário da ressonância magnética e da tomografia computadorizada, não apresenta os artefatos encontrados na imagem desses exames (XUE, HAU, 2006).

2.3 ANÁLISE ACÚSTICA DA VOZ: MEDIDAS FORMÂNTICAS E CEPSTRAIS

A análise acústica é a avaliação instrumental da voz capaz de medir parâmetros correspondentes aos atributos físicos vocais e possibilita inferir-se sobre a qualidade da emissão. É uma técnica não invasiva, de baixo custo, disponibilizando várias ferramentas; dentre elas, a análise das características acústicas da fonte glótica e a análise do filtro vocal, no espectrograma (FUKUYAMA, 2001; PONTES et al., 2002 VIEIRA et al., 2002; CAMARGO; MADUREIRA; TSUJI, 2003; BEHLAU et al., 2008). O estudo dos sinais de voz permite a obtenção de parâmetros que possam representar índices para diferentes aspectos da voz, permitindo a quantificação e qualificação deles (TOKUHARA et al., 2019).

O fundamento da avaliação acústica baseia-se na complexa relação entre a fisiologia do trato vocal e o sinal de fala. Dessa forma, as técnicas de processamento de sinal permitem registrar e caracterizar as particularidades de vibração das pregas vocais (PEREIRA; MONTAGNOLI, 1999; SANTOS, 2009). O processamento digital do sinal permite a análise, transformação ou interpretação de sinais através de algoritmos computacionais. Portanto, as medidas obtidas na análise acústica correspondem a parâmetros físicos definidos (FREITAS, 2010), ou seja, trata-se da medição de propriedades físicas da onda sonora desde que é propagada no trato vocal até ao meio ambiente (SANTOS, 2009).

O espectrograma é a representação gráfica da distribuição dos harmônicos (representados por estrias horizontais) que permite a visualização tridimensional dos

parâmetros da emissão vocal, como: a intensidade, por meio do escurecimento ou coloração do traçado; as faixas de frequência, no eixo vertical; tempo de emissão, no eixo horizontal. Também apresenta medidas de ruído e perturbação de onda (VALENTIM; CÔRTEZ; GAMA, 2010). Portanto, a espectrografia reflete dados relativos à fonte do som vocal e da postura do trato vocal, caracterizando vogais e consoantes e dos formantes do som vocal (XUE e CHENG, 2010), com validade de conteúdo de boa a excelente quanto à clareza e relevância de sua aplicação (LOPES, ALVES, MELO, 2017).

O espectrograma diferencia-se em banda estreita e banda larga, dependendo da largura de banda do filtro usado ao executar a análise de frequência. A banda estreita fornece melhor resolução de frequência, com estimativas espectrais mais precisas para o estudo de f_0 e harmônicos, enquanto a banda larga permite melhor resolução temporal para análise dos formantes (DROGUETT, 2017).

Portanto, para se entender o impacto das diferentes configurações de posicionamento das estruturas do trato vocal e do volume das cavidades de ressonância sobre a produção vocal, as medidas formânticas apresentam-se como um método válido para essa aferição (BROCKMANN-BAUSER, DRINNAN, 2011; LOPES et al, 2018).

2.3.1 Formantes

Sabe-se que as propriedades da voz e a identidade da vogal são formadas pelas vibrações das pregas vocais e as modificações impostas pelas posições dos articuladores. Tais modificações geram os formantes, como consequência das ressonâncias do trato vocal, especialmente das cavidades oral e nasal. Esse mecanismo de produção do som é baseado na teoria fonte-filtro (KENT; READ, 2015; BARBOSA; MADUREIRA, 2015).

Os formantes determinam a qualidade das vogais e contribuem muito para o timbre pessoal do cantor (ERICKSON, 2004; CORDEIRO; PINHO; CAMARGO, 2007; GUSMÃO; CAMPOS; MAIA, 2010; MAINKA et al., 2015). São comumente expressos por seu valor médio, em Hertz (Hz) e são caracterizados por frequências intensificadas em determinadas regiões do trato vocal, cujos valores dependem de sua geometria. Quanto maior o comprimento do tubo de ressonância, menor os valores de frequência de formantes. Em particular, os dois primeiros (F_1 e F_2) são dependentes do formato do espaço entre os lábios e a glote, sofrendo maiores influências da articulação das vogais (AMBROŽIČ; BOLTEŽAR; HREN, 2015; GOMES; CARNEIRO; DRESCH, 2016).

O primeiro formante (F_1) apresenta-se em torno de 250 a 700 Hz e o segundo formante (F_2), entre os valores de 700 a 2.500 Hz (DINVILLE, 1993; CORDEIRO; PINHO; CAMARGO, 2007). No entanto, as frequências dos formantes se modificam com a idade e diferem entre homens e mulheres (SUNDBERG, 1987; WAN, HUANG e ZHENG, 2010). Tratos vocais maiores enfatizam as frequências graves e os menores, as frequências agudas (CORDEIRO, PINHO e CAMARGO, 2007; GOMES, CARNEIRO, DRESCH, 2016), principalmente nos três primeiros formantes (F_1 , F_2 e F_3) (DUCKWORTH et al., 2011).

Os demais formantes (o terceiro, o quarto e o quinto: F_3 , F_4 , F_5), considerados formantes superiores, não interferem na identificação e inteligibilidade das vogais; porém, sofrem interferências diretas das dimensões do trato vocal e são mais difíceis de serem controlados pelas particularidades articulatórias. Desse modo, são encontrados de forma mais definida em vozes de cantores e atores treinados (STONE et al, 1999; CLEVELAND et al, 2001; MASTER, 2005; BELLE, 2006; BJORKNER, 2008; LEINO et al, 2010 e FERGUSON et al, 2010).

Esses formantes superiores, considerados de grande importância para a voz cantada, são denominados de “formante do cantor”, quando considerada a junção de F_3 , F_4 e F_5 , sendo que o quarto e o quinto formantes estão relacionados ao comprimento da laringe. (SUNDBERG, 1991; CORDEIRO, PINHO e CAMARGO, 2007 e REID, et al, 2007). São dois os fatores determinantes das frequências do formante do cantor: a dimensão e a extensão do trato vocal (SUNDBERG, 1987).

O formante do cantor pode ser definido como uma ressonância adicional da voz, que é o que diferencia cantores e falantes entre si. Para se obter esse fenômeno acústico na voz, responsável por favorecer seu brilho e sua projeção, alguns cantores realizam ajustes no trato vocal. Portanto, um ajuste vocal controverso, ou que foge à fisiologia vocal, pode prejudicar o aparecimento ou a definição do formante do cantor (GUSMÃO, 2014). Sendo assim, na análise acústica, observa-se que os primeiros cinco formantes são os de maior interesse (MARTER, 2005; KENT; READ, 2015).

Em resumo, o primeiro formante (F_1) está relacionado ao grau de abertura de uma vogal, isto é, ao abaixamento da mandíbula e o consequente deslocamento da língua no plano vertical: será mais agudo quanto maior for a abertura de boca e o grau de anteriorização da língua (SUNDBERG, 1987; CUKIER, CAMARGO, 2005). O segundo formante (F_2), relaciona-se ao quanto a faringe está livre ou não, pelo deslocamento da língua ao plano

horizontal, sendo tão mais alto quanto maior for o espaço faríngeo (BEHLAU, MADAZIO, FEIJÓ, PONTES, 2004).

O terceiro formante (F3) representa aspectos individualizados do trato vocal de cada falante e quanto menor a cavidade oral, mais elevado será seu valor; em contraposição, quanto maior o tamanho da cavidade oral, menor o valor do formante (FAZITO, PERIM, DI NINNO, 2004). O quarto formante (F4) relaciona-se ao formato da laringe e da faringe na mesma altura (MAGRI, CUKIER-BLAJ, KARMAN, CAMARGO, 2007) e ao comprimento do tubo laríngeo (CORDEIRO, PINHO, CAMARGO, 2007; GUSMÃO, CAMPOS, MAIA, 2010).

2.3.2 Cepstro

Especificamente, para análise da voz no nível da fonte sonora, uma medida bastante estudada é a *Cepstral Peak Proeminence* (CPP) e sua modificação *Cepstral Peak Proeminence-Smoothed* (CPPS), que corresponde, respectivamente, ao cepstro da voz e à medida do cepstro suavizada. Essa medida é bastante eficiente na obtenção da frequência fundamental (f_0) e organização harmônica da voz e pode ser aplicada até mesmo em vozes acentuadamente alteradas (HEMAN-ACKAH et al., 2002; HEMAN-ACKAH et al., 2003; MEHTA; HILMAN, 2008; AWAN; ROY, 2009; MOERS et al., 2012; SUJITHA et al., 2022). Isso se deve ao fato das medidas cepstrais não serem muito perturbadas por variáveis como a técnica e volume de gravação ou aperiodicidade do sinal de voz (CARDING et al., 2004; GELZINIS et al., 2008; CHOI et al., 2012).

O termo *cepstrum* (cepstro) deriva da inversão da primeira sílaba do termo *spectrum* (espectro), pois ele é obtido pela transformada inversa de Fourier do espectro logaritmo do sinal. Portanto, foi definido o termo *quefreny* (quefrência) para representar o valor de sua variável independente (HUANG; ACERO; HON, 2001).

Essa transformação homomórfica permite a separação entre a fonte e o filtro de um sinal que, no caso da análise de voz, traduz-se na separação do trato vocal e do sinal glotal. Assim, os primeiros valores do cepstro são representativos do trato vocal, especificando a envolvente espectral, enquanto os restantes são representativos da fonte glótica (HUANG; ACERO; HON, 2001; RAVINDRAN; SHENBAGADEVI; SALAI SELVAM, 2010).

A forma de análise baseia-se no fato de que o sinal vocal é a convolução do sinal da fonte (laringe) e a resposta do trato vocal (sistema de ressonância). Esse processo significa a

interação multiplicativa entre dois conjuntos de propriedades espectrais (DE KROM, 1993; QI; HILLMAN, 1997).

Desse modo, O CPP é determinado medindo-se a diferença de amplitude do ponto mais alto do pico do cepstro até à linha de regressão correspondente, traçada diretamente abaixo dos picos (SUJITHA et al., 2022) e o CPPS considera duas etapas de suavização antes de se calcular o seu valor (CESAR et al., 2018). Os coeficientes cepstrais são usados para descrever a envoltória espectral do sinal de voz em curto intervalo de tempo e permitem trabalhar com o sinal da excitação da glote separadamente das repercussões ressonantes do trato vocal (FECHINE, 2000; ZWETSCH et al., 2006).

O cepstro, portanto, é um espectro de potência logaritmica. Para sinais periódicos, o primeiro espectro de potência mostrará energia em frequências harmonicamente relacionadas e o segundo espectro mostrará um componente forte correspondente à regularidade dos picos harmônicos. O tempo (quefrência) do pico cepstral corresponde ao período fundamental do sinal. Um sinal cujo espectro mostra uma estrutura harmônica bem definida mostrará um pico cepstral muito proeminente (HILLENBRAND; HOUDE, 1996).

Em suma, o cepstro é um índice diretamente proporcional à energia acústica do trato vocal: quanto mais alto for seu pico, há indicativo de melhor produção da voz (CALVACHE MORA, 2016). Por isso, com essa medida é possível relacionar os ajustes realizados no nível glótico com o nível de energia e de definição da f_0 (WATTS, AWAN, 2011; AWAN, et al, 2015).

Além de satisfazer os critérios meta-analíticos nas vogais sustentadas e na fala contínua (MARYN et al., 2009) o CPPS também apresentou um bom resultado para o julgamento perceptivo de diferentes tipos de qualidade vocal (HEMAN-ACKAH et al., 2003; MOERS et al., 2012). Na população vocalmente sadia, encontrou-se no CPPS extraído a partir de amostras de fala, diferenças significativas em relação ao sexo dos indivíduos (DELGADO et al, 2017).

Além disso, permite trabalhar com o sinal da glote separadamente da região de ressonância, facilitando o estudo dos achados das alterações laríngeas (LOPES, et al, 2018). Desse modo, as medidas cepstrais apresentam vantagens e são mais confiáveis que as medidas tradicionais de perturbação e ruído para avaliação de vozes com ampla faixa de desvio, demonstrando ser fortes preditoras da presença de desvio vocal (DEJONCKERE, WIENEKE, 1996; WOLFE, MARTIN, PALMER, 2000; HEMAN-ACKAH; MICHAEL; CODING,

2002; MARYN et al., 2009; AWAN & ROY, 2009; MOERS, et al, 2012; LOWELL et al., 2012; BRINCA et al., 2014). Ademais, são medidas sensíveis à detecção de fadiga vocal (MAHALINGAM et al., 2021).

A análise cepstral tem sido relatada como um método confiável e válido, tanto para se detectar a disfonia, avaliando objetivamente o grau de alteração da voz (PETERSON et al., 2013; AWAN et al., 2016; DELGADO-HERNÁNDEZ 2018) quanto para se verificar o resultado de aplicação de técnicas vocais, mesmo em indivíduos sem alterações vocais, como os cantores (CARDOSO et al., 2021).

3 MÉTODO

3.1 DELINEAMENTO DA PESQUISA

Trata-se de um estudo descritivo, retrospectivo, de abordagem quantitativa, do tipo transversal de dados secundários.

3.2 LOCAL DO ESTUDO

A coleta dos dados foi realizada no Laboratório de Voz do Departamento de Fonoaudiologia da Universidade Federal de Pernambuco (APÊNDICE A) que se localiza na Cidade Universitária do Recife, onde os registros vocais e faringométricos dos cantores estudados estavam armazenados.

3.3 POPULAÇÃO DO ESTUDO

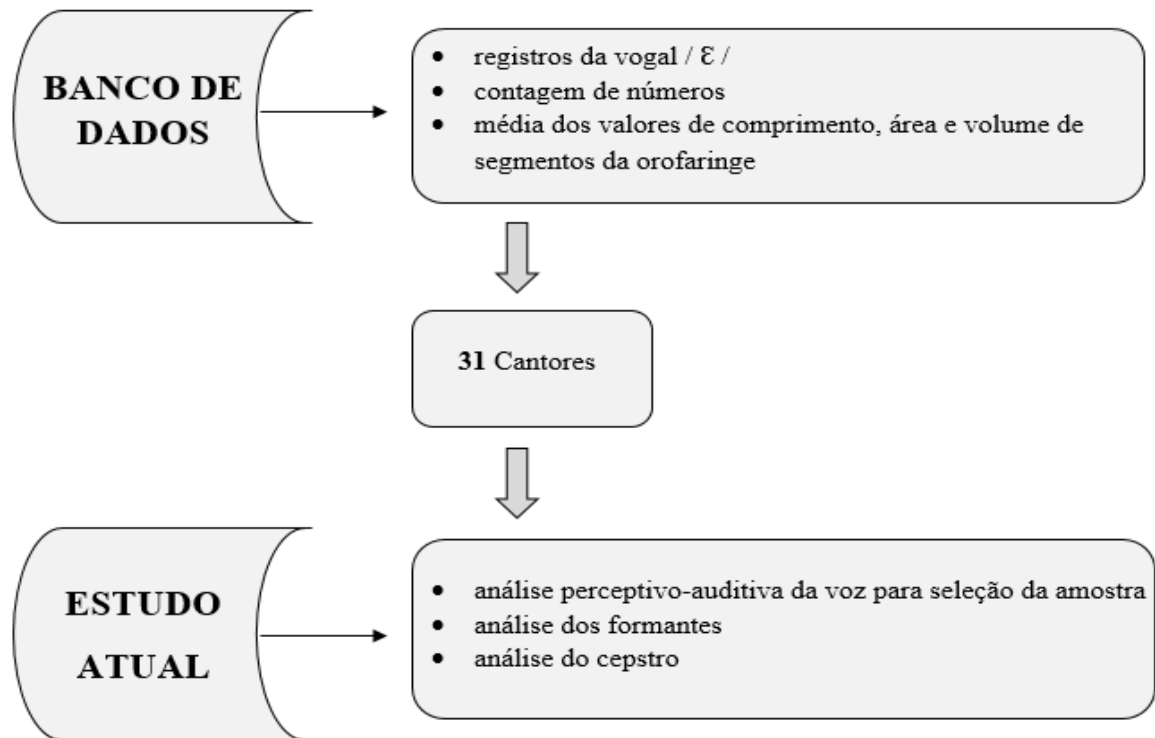
O estudo foi realizado a partir de um banco de dados de uma pesquisa desenvolvida nos laboratórios de Voz e de Motricidade Orofacial - Funções aerodinâmicas e fonoarticulação, do Departamento de Fonoaudiologia da Universidade Federal de Pernambuco, durante o período de 2018 a 2019, cujos dados estavam armazenados no computador de pesquisa, no laboratório de Voz, sob responsabilidade da orientadora Professora Doutora Adriana de Oliveira Camargo Gomes, sendo autorizado o uso dos dados de coleta pela pesquisadora responsável (APÊNDICE B).

3.4 AMOSTRA

A amostra deste estudo consiste dos registros vocais e dos parâmetros da geometria orofaríngea mensurados por faringometria acústica, constantes no banco de dados utilizado para a coleta (Figura 1) de 31 cantores, sendo 13 do sexo feminino e 18 do sexo masculino, com idades entre 20 e 39 anos, média das idades de 28 anos ($\pm 5,0$), alocados em grupos:

- Grupo feminino (F): 13
- Grupo masculino (M): 18

Figura 1 - Organograma dos dados armazenados e os que foram realizados neste estudo



Fonte: A autora (2021)

3.5 CRITÉRIOS PARA SELEÇÃO DA AMOSTRA

Com o intuito de selecionar a amostra deste estudo, os registros da vogal / ε / e da contagem de números dos 31 cantores constantes no banco de dados foram avaliados por três juízas experientes em análise perceptivo-auditiva da voz.

As juízas receberam o arquivo das vozes dos participantes da pesquisa acrescidos de repetição de 30% da amostra, de forma aleatória, totalizando 41 registros vocais. Essa medida foi tomada para que se testasse a concordância intra-juiz, na análise dos resultados.

Para a análise perceptivo-auditiva, as juízas foram orientadas a reproduzirem o arquivo das vozes, quantas vezes necessárias, em ambiente silencioso, com utilização de fone de ouvido, individualmente, em intensidade confortável, preenchendo o protocolo de avaliação para cada amostra. Também foi orientado às juízas que realizassem a análise diária de até 10 amostras de vozes, para que a fadiga gerada pela atividade não interferisse na qualidade da avaliação.

Os registros das análises vocais foram realizados por meio de escala analógico-visual de 100mm, em que 0 (zero) correspondia a “sem alteração vocal” e 100, a alteração vocal

extrema. As juízas foram orientadas a marcar com um traço vertical, cruzando a linha de 100mm, no ponto em que caracterizasse sua opinião em relação à voz avaliada. A partir das marcações das avaliadoras, as vozes foram classificadas da seguinte forma (YAMAZAKI et al., 2017):

- Voz Neutra/Sadia = até o ponto correspondente a 35,5mm
- Voz com Alteração Leve para Moderada = de 35,6mm a 50,5mm
- Voz com Alteração Moderada = de 50,6mm a 90,5mm
- Voz com Alteração Extrema = a partir de 90,6mm

Vale ressaltar que, dos 41 registros analisados, nenhum foi avaliado em mais de 22,0mm por qualquer uma das três avaliadoras. Portanto, houve concordância perfeita de 100% entre as três juízas, para a classificação das vozes dos sujeitos avaliados, sendo os 41 registros considerados como com voz neutra/sadia. Desse modo, os registros dos 31 indivíduos constantes no banco de dados foram selecionados para o estudo.

3.5.1 Critérios de inclusão:

Para este estudo, foram considerados os dados referentes à avaliação inicial constantes no banco de dados, sendo incluídas as informações sobre sexo e idade, as amostras de vozes correspondentes à emissão sustentada da vogal /ε/ e as médias dos valores de comprimento, área e volume das variáveis faringométricas dos sujeitos.

Foram selecionados os registros de 31 cantores na faixa etária de 20 a 39 anos, vocalmente saudáveis, avaliados neste estudo, por meio de análise perceptivo-auditiva. Os parâmetros vocais incluídos neste estudo (formantes e cepstro) foram obtidos a partir dos registros vocais da vogal sustentada armazenados no banco de dados.

3.5.2 Critérios de Exclusão:

Foi estabelecido que seriam excluídos os cantores que apresentassem dados incompletos ou cujos registros estivessem com a qualidade da gravação prejudicada, impossibilitando as novas análises e aqueles considerados com qualquer alteração vocal por parte das juízas. Desse modo, todos os participantes registrados no banco foram selecionados.

3.6 VARIÁVEIS DO ESTUDO

3.6.1 Sexo: Definido pelas características biológicas e fisiológicas. É um conjunto de seres com a mesma origem ou que apresentam características comuns com distinção dos sexos masculino e feminino (GEIGER, 2012).

3.6.2 Comprimento da cavidade oral (CCO): Distância, do segmento da cavidade orofaríngea, dos incisivos até à Junção Orofaríngea. (GELARDI; et al., 2007).

3.6.3 Comprimento da cavidade faríngea (CCF): Distância do segmento da cavidade orofaríngea, da Junção Orofaríngea até à glote. (GELARDI; et al., 2007).

3.6.4 Comprimento do trato vocal (CTV): Distância do segmento da cavidade orofaríngea, dos incisivos até à glote. (GELARDI; et al., 2007).

3.6.5 Área da junção orofaríngea (AJO): Corresponde ao final da cavidade oral e início da cavidade faríngea. No faringograma, tem início no final da primeira curva, no primeiro ponto de área mínima, antes do início da segunda curva. Este ponto está na distância média de 5 a 8 cm na escala do eixo horizontal. (HOFFSTEIN, FREDBERG, 1991; KAMAL, 2001).

3.6.6 Área glótica (AG): Área de secção transversal identificada no nível da região da glote: estabelecida como o segundo ponto de área mínima, após a segunda curva no Faringograma. (HOFFSTEIN, FREDBERG, 1991; KAMAL, 2001).

3.6.7 Volume da cavidade oral (VCO): calculado a partir da área demarcada no faringograma, correspondente à distância (cm) no eixo das ordenadas e área (cm²) no eixo das abscissas da região que vai dos dentes incisivos até o palato mole. (HOFFSTEIN, FREDBERG 1991; KAMAL, 2001; VORPERIAN et al., 2015).

3.6.8 Volume da cavidade faríngea (VCF): Calculado a partir da área demarcada no faringograma, correspondente à distância (cm) no eixo das ordenadas e área (cm²) no eixo das abscissas da região que vai do palato mole até à hipofaringe (HOFFSTEIN, FREDBERG 1991; KAMAL, 2001; VORPERIAN et al, 2015).

3.6.9 Volume do trato vocal (VTV): Região entre os dentes incisivos e a região da glote, medida em cm³ (HOFFSTEIN, FREDBERG 1991; KAMAL, 2001; VORPERIAN et al., 2015).

3.6.10 Cepstro: Extração do pico da medida dos harmônicos advindos da f_0 , medido em dB (MARYN E WEENINK, 2015).

3.6.11 Formantes (F1, F2, F3, F4): São as frequências reforçadas (intensificadas) nos tratos oral e nasal, modificados pelos articuladores ativos (lábios, língua, véu do palato e laringe), que funcionam como filtros acústicos. (GREGIO, 2006).

3.7 COLETA DE DADOS

A coleta dos dados foi realizada no laboratório de Voz do Departamento de Fonoaudiologia da UFPE, utilizando o computador de pesquisa para acesso aos dados armazenados no banco. A coleta se deu em duas etapas: **medidas da geometria orofaríngea**, que consistiu na colheita das informações de média dos valores de cada variável faringométrica, contidas no banco de dados e a segunda etapa, **medidas acústicas da voz** que, a partir do acesso às gravações registradas no computador, foram realizadas novas análises que resultaram em dados originais para esta pesquisa, que são: as frequências dos formantes e o valor do cepstro.

Por se tratarem de registros já armazenados, não houve a necessidade de aplicação do termo de consentimento livre e esclarecido (TCLE), cuja dispensa foi justificada pela pesquisadora, conforme recomendações éticas (APÊNDICE C)

1ª Etapa: Procedimento da coleta das medidas da geometria orofaríngea

Nessa etapa, foram extraídas do banco de dados, as medidas da geometria orofaríngea descritas nas variáveis.

No estudo original, de onde os dados secundários foram coletados, as medidas da geometria orofaríngea foram extraídas por meio do faringômetro acústico da marca Eccovision® - Sleep Group Solutions, Flórida, instalado no Laboratório de Motricidade Orofacial II- avaliação aerodinâmica da respiração e da fonoarticulação do Departamento de Fonoaudiologia da UFPE. Os dados foram obtidos sob a mesma condição, sendo controlados a temperatura (25°) e o ruído (inferior a 60dB NPS) durante a realização do exame.

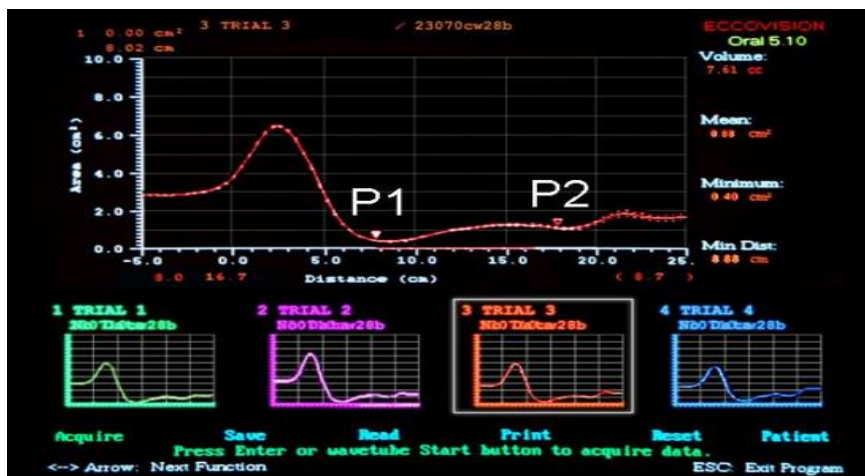
A sequência dos registros para obtenção da geometria orofaríngea obedeceu a seguinte ordem:

Exame faringométrico: o sujeito permaneceu sentado de forma confortável em uma cadeira com encosto, em posição de 90 graus com postura de cabeça e tronco alinhados

(Figura 1). Um tubo gerador das ondas sonoras foi posicionado na boca do participante da pesquisa, e mantido na posição horizontal. Visando manter a postura, o participante foi orientado a fixar o olhar em um ponto à sua frente, mantendo o fluxo de ar habitual. Um bocal foi acoplado ao tubo gerador de ondas e o paciente foi solicitado a morder o bocal, vedando com os lábios para impossibilitar o escape de ar e de som. Foi solicitado ao paciente que se mantivesse estático, evitando movimentar a cabeça e mantendo uma respiração de repouso. Para a realização do exame, o participante foi orientado a produzir a configuração oral do fonema /o/, sem som, mantendo assim a língua relaxada e posicionada no assoalho da boca.

Para cada medida, o programa (*software*) produziu um gráfico da relação comprimento (eixo das coordenadas) e área (eixo das abscissas); foram realizadas 4 medidas distribuídas em 4 janelas (Figura 2), a saber:

Figura 2 - Tela inicial da faringometria acústica.



Faringograma, P1 (representando o fim da cavidade oral) e P2 (representando o fim da cavidade faríngea). Fonte: SILVA, 2014.

- Medida orofaríngea (registradas nas duas primeiras janelas): a orientação ao participante foi de inspirar pelo nariz e expirar lentamente pela boca. Os gráficos embasaram as medidas orofaríngeas, apresentando-se de forma sobreposta e com percentual de reprodutibilidade, aceitando variação máxima em torno de 6%, segundo padronização da técnica (GELARDI et al. 2007).
- Medida da junção orofaríngea (registrada na terceira janela): a orientação ao participante foi a de inspirar e expirar o ar pelo nariz. Seguindo essa instrução, foi possível identificar a junção orofaríngea, delimitada ao final da cavidade oral, quando o véu palatino se encontra abaixado.

- Medida da região glótica (registrada na quarta janela): a orientação ao participante foi de inspirar pelo nariz e realizar a manobra de Valsalva, na qual o indivíduo oclui as narinas digitalmente e em seguida expira forçadamente o ar contra os lábios, forçando o ar em direção às orelhas, permitindo, assim, o fechamento glótico. Dessa forma, foi possível localizar, no gráfico, o final da cavidade faríngea, indicando a região da glote.

Tais registros permitiram a obtenção das médias dos valores de comprimento da cavidade oral, comprimento da cavidade faríngea, comprimento do trato vocal, área da junção orofaríngea, área da glote, volume da cavidade oral, volume da cavidade faríngea e volume do trato vocal. Todas essas medidas estavam armazenadas no banco de dados.

Os valores obtidos, que foram utilizados para análise do presente estudo, encontravam-se dispostos em arquivo no formato de planilha eletrônica (Excel), armazenados no computador de pesquisa do Laboratório de Voz, disponibilizado pela pesquisadora responsável da pesquisa original. Para análise deste estudo, os dados secundários cedidos, foram relacionados entre si nos dois grupos estudados (feminino e masculino).

2ª Etapa: Procedimento da coleta das variáveis da voz

Os dados dessa etapa estavam armazenados no próprio *software* utilizado para gravação, armazenados em computador no laboratório de Voz do Departamento de Fonoaudiologia da Universidade Federal de Pernambuco e também foram disponibilizados para esta pesquisa, a partir da anuência da coordenação do local (APÊNDICE A), bem como autorização da pesquisadora do trabalho original. A sequência dos registros para obtenção dos registros vocais, na pesquisa original, obedeceu a seguinte ordem:

Avaliação acústica: As gravações foram coletadas no software Voxmetria da CTS informática com taxa de amostragem de 44000 Hz e 16bits, utilizando um notebook n3 Intel® Core™ i3-2348M e uma placa de som externa (Andrea PureAudio™ USB-AS). Para captar a emissão da vogal, foi usado o microfone Auricular Karsect HT-2, mantendo uma distância de aproximadamente quatro centímetros da comissura labial do voluntário, em um ângulo de aproximadamente 45°. O participante permaneceu sentado numa cadeira, posturado em um ângulo de 90°, disposto em ambiente com condições acústicas favoráveis à gravação.

Foi solicitada a emissão confortável da vogal /ε/ sustentada, por cinco segundos, em intensidade e frequência auto selecionadas, gravadas diretamente no computador. A emissão

da vogal foi editada, desprezando-se o primeiro minuto e o minuto final da emissão, por serem trechos que apresentam maior instabilidade, considerando-se aproximadamente três segundos de emissão para análise.

Para este estudo, as amostras da vogal /ε/ foram convertidas e salvas em formato de áudio *wav*. e exportadas ao software *Praat*, na versão 64-bit edition, onde foram extraídos os valores de Formantes e do Cepstro das vozes, intencionalmente objetivados neste estudo (APÊNDICE D).

No *Praat*, para obtenção dos valores utilizou-se o menu para análise de dados de fala abrindo a opção “PRAAT OBJECTS” - “READ FROM FILE” e importando o arquivo convertido. Cada medida possui um menu específico para sua extração, por isso, todo detalhamento da coleta desta etapa está melhor ilustrado em um tutorial descrito no Apêndice D, construído a partir da utilização do programa e especificando os ajustes de configuração que foram feitos durante a coleta.

Para visualização dos valores formânticos, foi utilizado o menu para análise de dados de fala abrindo a opção “PRAAT OBJECTS” - “READ FROM FILE” - “VIEW & EDIT”. Selecionados a aba “FORMANTS” e em seguida “SHOW FORMANTS”. Os formantes utilizados neste trabalho foram o primeiro, o segundo, o terceiro e o quarto (F1, F2, F3 e F4), expressos por meio dos valores médios da frequência obtida, quantificados em Hz.

Com a variável cepstro, foi realizada a extração do Cepstral Peak Proeminence-Smoothed (CPPS), a partir no menu “ANALYSE PERIODICITY” - “TO POWER CEPSTROGRAM”. e posteriores comandos. Por meio desse procedimento, foi retirada a média dos valores da CPPS em decibel (dB) para análise neste estudo.

Vale ressaltar, que anteriormente à extração de cada variável, se fizeram necessárias algumas modificações na configuração do *Praat*, para promover a qualidade e fidedignidade dos valores obtidos, como por exemplo, novamente a edição para manter os três segundos centrais da emissão, ajustes nos padrões de frequência conforme sexo a ser coletado, entre outras especificidades que como mencionado, podem ser acompanhadas passo a passo, juntamente com as ilustrações contidas no Apêndice D.

3.8 PLANOS DE ANÁLISE DOS DADOS

Os dados da pesquisa foram armazenados em planilha Excel e no *software* estatístico *Statistical Package for the Social Sciences* (SPSS 20.0) que foi utilizado para análise estatística dos dados coletados.

O teste de normalidade de Kolmogorov-Smirnov foi aplicado para cada uma das variáveis, $p\text{-valor} > 0,05$, rejeitando a hipótese de distribuição normal apenas para as variáveis comprimento do trato vocal CTV e área da glote (AG). Então foi aplicado um teste de comparação de médias de *Mann-Whitney* para essas variáveis e nas demais foram aplicados testes *t* de *student*.

Para avaliar a relação entre os valores dos formantes e os do cepstro e a relação das medidas da geometria orofaríngea com os parâmetros da voz utilizou-se o teste de correlação linear de Pearson, considerando-se a significância de 99%, 95% ou 90% a depender da variável.

Foi também aplicado o modelo de regressão linear sendo a variável resposta o segundo formante (F2). Assim, foram estimados os coeficientes desse modelo, tendo como variáveis explicativas o sexo e o volume da cavidade faríngea (VCF), com intervalo de confiança de 95%.

3.9 CONSIDERAÇÕES ÉTICAS

A pesquisa foi iniciada após aprovação no Comitê de Ética em Pesquisas com Seres Humanos do Centro de Ciências da Saúde da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), sob número 4.524.025 (ANEXO B) de acordo com as diretrizes da Resolução CNS 466/12.

Os dados que foram utilizados para este estudo são referentes a uma pesquisa aprovada sob parecer de nº 2.489.740, desenvolvida pela pesquisadora Kelly Greyce Sukar Cavalcanti de Oliveira, no período de 2018 a 2019.

Os dados da pesquisa seguirão armazenados no Laboratório de Voz do Departamento de Fonoaudiologia da UFPE localizado na Av. Prof Arthur de Sá, s/n- Cidade Universitária- Recife/PE CEP:50670-420, sob responsabilidade dos pesquisadores por um período de 5 anos.

3.10 RISCOS E BENEFÍCIOS

Como riscos, por se tratar da utilização de dados secundários, poderia ocorrer extravio do banco de dados e possível quebra de sigilo; contudo, a pesquisadora se comprometeu em garantir a confidencialidade e segurança das informações, utilizando os computadores do laboratório de pesquisa para manuseio dos dados. Quando houve a necessidade de exportação dos registros das vozes para análise das juízas, essa foi realizada pela própria pesquisadora, evitando o acesso por terceiros e utilizada mídia de armazenamento exclusiva para esse fim, rastreada por ferramenta de proteção antivírus.

Como benefícios, os resultados poderão contribuir com o avanço científico, sobretudo, no entendimento da relação do trato vocal com as análises acústicas da voz. Ainda, os novos dados coletados nesta pesquisa, a saber: valores de cepstro, formantes, ficarão à disposição do laboratório de voz, local de armazenamento dos dados, assegurados pela pesquisadora atual de que terão seu uso autorizados, se necessário, para futuras pesquisas que também precisem utilizar dados secundários e que objetivem estudar essas medidas com outras variáveis não vistas nesta dissertação.

4 RESULTADOS

O presente capítulo é composto por um artigo original, que buscou verificar as possíveis correlações entre os parâmetros formânticos e cepstrais da voz e a geometria orofaríngea de cantores, estratificados por sexo. O artigo foi escrito segundo as normas da Revista Journal of Voice.

4.1 ARTIGO - RELAÇÃO ENTRE GEOMETRIA OROFARÍNGEA E PARÂMETROS ACÚSTICOS VOCAIS DE CANTORES

RESUMO

Objetivo: Verificar as possíveis correlações entre os parâmetros formânticos e cepstrais da voz e a geometria orofaríngea de cantores, estratificados por sexo. **Método:** Trata-se de um estudo descritivo, retrospectivo, de abordagem quantitativa, do tipo transversal e com dados secundários. Foram analisados os registros vocais e das medidas orofaríngeas de 31 cantores, sendo 13 do sexo feminino e 18 do sexo masculino, com média de idade de 28 anos ($\pm 5,0$), extraídos de um banco de dados. As medidas da geometria orofaríngea foram coletadas por meio de faringometria acústica e os registros vocais consistiram de gravações da vogal /E/ sustentada, que foram exportadas e editadas no software Praat para obtenção dos parâmetros formânticos e cepstro, estratificados por sexo. Aplicou-se teste de correlação linear de Pearson para relacionar parâmetros da voz com a geometria orofaríngea, considerando o nível de significância de 5% e teste de regressão linear para justificar a variável F2. **Resultados:** Foram identificadas diferenças entre os sexos apenas no comprimento da cavidade oral e no comprimento da cavidade faríngea, sendo que o primeiro foi maior no grupo masculino comparativamente ao grupo feminino, e o segundo foi maior no grupo feminino. Houve correlação linear entre o terceiro formante e o cepstro, no grupo feminino. No grupo masculino, o cepstro apresentou correlação linear com o terceiro e quarto formante. Também foi identificada correlação linear positiva, com até 95% de confiança, entre o volume da cavidade faríngea e o segundo formante, no grupo feminino, e foi possível estimar um modelo de regressão para F2 ($R^2 = 0,70$). **Conclusão:** Há correlações entre a geometria orofaríngea e os parâmetros formânticos e cepstrais quando relacionados ao sexo, sendo o volume da cavidade faríngea a variável com maior correlação entre o sexo feminino e o segundo formante F2.

Palavras-chave: acústica da fala, canto, orofaringe, qualidade da Voz.

Introdução

O entendimento da relação entre fonte e filtro é fundamental na análise da qualidade vocal do cantor e para o emprego de técnicas de aprimoramento da voz ^[1-7]. Ademais, a qualidade vocal – comumente chamada de “timbre”, na literatura relacionada à voz cantada – sofre mais interferência das frequências dos formantes, comparativamente às relacionadas ao

espectro da fonte sonora, sendo o comprimento do trato vocal, um dos principais preditores fisiológicos da classificação vocal [4; 7;8]

Portanto, a despeito da importância dos ajustes vocais no nível laríngeo para promoção do melhor resultado vocal, com máxima eficiência e mínimo esforço, eles não são os únicos responsáveis por esse processo [5;9;10]. É importante regular a forma do trato vocal e, particularmente, a região epilaríngea para produção de uma voz superior em componentes harmônicos. Esse parece ser o objeto principal para otimizar a geração e saída de som para o canto [11].

Por isso, a importância de uma avaliação que considere a relação entre a fonte de produção glótica e os padrões geométricos das estruturas envolvidas no desempenho da produção da voz [6; 7; 9; 12]. Tal análise pode subsidiar o entendimento da produção da voz cantada, tanto para o aprimoramento vocal, quanto para reabilitação e prevenção de agravos na voz de cantores que empregam técnicas vocais deficientes [13; 14]. A busca por projeção e brilho na voz pode acarretar em tensões musculares indevidas e, mesmo cantores bem treinados, podem sobrecarregar a voz [13;14].

Para isso, têm-se como recurso, as aferições acústicas da voz, incluindo a análise dos formantes e as medidas cepstrais por meio de registros de gravação da voz. Os formantes comumente são expressos por seu valor médio, em Hertz (Hz) e são caracterizados por frequências intensificadas em determinadas regiões do trato vocal, cujos valores dependem de sua geometria [15-17], modificando-se com e diferindo entre homens e mulheres [18-19], principalmente nos três primeiros formantes (F1, F2 e F3) [20].

O terceiro, quarto e quinto formantes (F3, F4 e F5) identificados como formantes superiores, são considerados de grande importância para a voz cantada, sendo encontrados de forma mais definida em vozes de cantores e atores treinados [21-27]. Sofrem interferências diretas das dimensões e extensão do trato vocal e são mais difíceis de serem controlados pelas particularidades articulatórias [17; 28; 29].

À junção de F3, F4 e F5 denomina-se “formante do cantor” [17; 28; 29] que pode ser definido como uma ressonância adicional da voz, diferenciando cantores de outros falantes. Para se obter esse fenômeno acústico na voz, responsável por favorecer seu brilho e projeção, alguns cantores realizam ajustes no aparato vocal. Portanto, é importante ressaltar que um

ajuste vocal controverso, ou que foge à fisiologia vocal, pode prejudicar o aparecimento ou a definição do formante do cantor ^[30].

Quanto à análise cepstral, essa pode ser feita por meio do *Cepstral Peak Proeminence* (CPP) e sua modificação *Cepstral Peak Proeminence-Smoothed* (CPPS); tais medidas são bastante eficientes na obtenção da frequência fundamental (f0) e organização harmônica da voz, podendo ser aplicada até mesmo em vozes acentuadamente alteradas ^[19; 31-35]. Isso se deve ao fato das medidas cepstrais não serem muito perturbadas por variáveis como a técnica e volume de gravação ou aperiodicidade do sinal de voz ^[36-38].

O cepstro é um índice diretamente proporcional à energia acústica do trato vocal: quanto mais alto for seu pico, há indicativo de melhor produção da voz ^[39]. Por isso, com essa medida é possível relacionar os ajustes realizados no nível glótico separadamente das repercussões ressonantes do trato vocal ^[40-42]. Além de satisfazer os critérios meta-analíticos nas vogais sustentadas e na fala contínua ^[43] o CPPS também apresentou um bom resultado para o julgamento perceptivo de diferentes tipos de qualidade vocal ^[31;34], com diferenças significativas entre os sexos ^[44]. Ademais, são medidas sensíveis à detecção de fadiga vocal ^[45] e para se verificar o resultado de aplicação de técnicas vocais em cantores ^[46].

O estudo do trato vocal (TV) de cantores com o intuito de se entender os efeitos reais de seu tamanho e suas configurações na produção da voz, subsidia a observação e mensuração de resultados de técnicas de canto aplicadas, possibilitando identificar suas correlações com outras formas de avaliação, como a análise acústica ^[7; 9; 47; 48]. No entanto, nesses estudos, são utilizadas principalmente técnicas invasivas como o exame de laringoscopia, raio-X, tomografia computadorizada, ressonância magnética e videofluoroscopia ^[49].

A vantagem da faringometria acústica, sobre os demais métodos de medidas do trato vocal é que essa técnica permite a avaliação quantitativa da geometria da cavidade orofaríngea de forma não invasiva, sem radiações, de fácil execução e boa reprodutibilidade, o que lhe confere importância em estudos clínicos ^[50-52]. Em adição, permite a respiração espontânea livre durante o exame, realiza medidas em tempo real de toda a via aérea superior, simultaneamente, com boa acurácia, e boa aceitação do paciente ^[50-53]. Ademais, não apresenta os artefatos encontrados nos exames de imagem ^[50].

As medições extraídas compõem um gráfico (faringograma) cujas medidas de comprimento (em cm) são expressas no eixo das ordenadas e a área (em cm²) no eixo das abscissas, apresentando as medidas da região oral - que vai dos dentes incisivos até o palato

mole, faríngea – do palato mole até a hipofaringe e região laríngea - glote até à subglote. O volume é calculado a partir da área do gráfico, permitindo, desse modo, o estudo geométrico de todo o trato vocal ^[55 – 60].

Considerando-se, portanto, a relação da qualidade vocal com a configuração do trato vocal ^[61], cujos parâmetros vocais formânticos dependem da configuração acústico-articulatória ^[62] e os cepstrais estão associados ao som produzido ^[41], é esperado que a qualidade acústica da voz se relacione com as características da geometria orofaríngea. Ademais, espera-se que os ajustes do trato vocal, em cantores, ao serem monitorados a partir das medidas orofaríngeas e dos resultados acústicos vocais, corroborem os resultados de técnicas e de aprimoramento vocal de forma mais objetiva.

Desse modo, o objetivo deste estudo foi verificar as possíveis correlações entre os parâmetros formânticos e cepstrais da voz e a geometria orofaríngea de cantores, estratificados por sexo.

Método

Trata-se de um estudo descritivo, retrospectivo, de abordagem quantitativa, do tipo transversal. Aprovado no comitê de ética e pesquisa em seres humanos sob parecer de nº 2.489.740, realizado a partir de um banco de dados com 31 cantores na faixa etária de 20 a 39 anos, média das idades de 28 anos ($\pm 5,0$), de uma pesquisa desenvolvida nos laboratórios de Voz e de Motricidade Orofacial - Funções aerodinâmicas e fonoarticulação, do Departamento de Fonoaudiologia da Universidade Federal de Pernambuco, durante o período de 2018 a 2019.

Foi estabelecido que seriam excluídos os cantores que apresentassem dados incompletos ou cujos registros estivessem com a qualidade da gravação prejudicada, impossibilitando as novas análises e aqueles considerados com qualquer alteração vocal por parte das juízas. Desse modo, todos os participantes registrados no banco foram selecionados.

Considerou-se os dados referentes à avaliação inicial constantes no banco de dados, sendo incluídas as informações sobre sexo e idade, as amostras de vozes correspondentes à emissão sustentada da vogal /ε/ e as médias dos valores de comprimento, área e volume das variáveis faringométricas dos sujeitos.

Foram selecionados os registros de 31 cantores na faixa etária de 20 a 39 anos, vocalmente saudáveis, avaliados neste estudo, por meio de análise perceptivo-auditiva. Os parâmetros vocais incluídos neste estudo (formantes e cepstro) foram obtidos a partir dos registros vocais da vogal sustentada armazenados no banco de dados.

Os participantes foram alocados em dois grupos de acordo com o sexo, sendo o grupo do sexo feminino composto por 13 cantoras e o grupo do sexo masculino composto por 18 cantores.

Procedimentos de coleta de dados

A coleta se deu em duas etapas: **medidas da geometria orofaríngea**, que consistiu na colheita das informações de média dos valores de cada variável faringométrica, contidas no banco de dados e a segunda etapa, **medidas acústicas da voz** que, a partir do acesso às gravações registradas no computador, foram realizadas novas análises que resultaram em dados originais para esta pesquisa, que são: as frequências dos formantes e o valor do cepstro.

Medidas da Geometria Orofaríngea

Foi realizado, por meio do faringômetro acústico da marca Eccovision® - Sleep Group Solutions, Flórida, onde foram controlados a temperatura (25°) e o ruído (inferior a 60dB NPS) durante a realização do exame para todos os participantes.

O programa do faringômetro gera gráficos de três regiões: a oral que vai dos incisivos até o palato mole, onde inicia a região faríngea que segue até a hipofaringe e a região laríngea que corresponde a toda porção glótica. Podendo ser visualizadas por meio da seguinte relação: o eixo das coordenadas é referente à distância das regiões em centímetros (cm) e o eixo das abscissas corresponde à área em cm².

Com isso, nessa etapa da pesquisa, foi possível obter os valores das variáveis faringométricas, conforme descrito no quadro 1. Tais medidas já coletadas estavam dispostas a partir de suas médias no banco de dados e foram utilizadas no presente estudo.

Quadro 1 - Descrições das variáveis que podem ser obtidas através do programa do faringômetro.

Variável	Abreviatura	Descrição
Comprimento da cavidade Oral	CCO	Distância entre os dentes incisivos e borda anterior do palato mole
Comprimento da cavidade faríngea	CCF	Distância entre a borda anterior do palato mole e a região da glote
Comprimento do trato vocal	CTV	Distância entre os dentes incisivos e a região da glote
Volume da cavidade oral	VCO	Região entre os dentes incisivos e borda anterior do palato mole, medida em cm ³
Volume da cavidade faríngea	VCF	Região entre a borda anterior do palato mole e a região da glote, medida em cm ³
Volume do trato vocal	VTV	Região entre os dentes incisivos e a região da glote, medida em cm ³
Área da junção orofaríngea	AJO	Produto do comprimento e altura da junção orofaríngea em cm ²
Área da glote	AG	Área de secção transversal no nível da glote em cm ²

Fonte: A autora (2021)

Medidas acústicas da voz

É referente a extração dos formantes e do cepstro para obter a relação com as medidas da geometria orofaríngea. Para isso, foram utilizadas as gravações da vogal /ε/ que correspondiam aos mesmos sujeitos do banco de dados da geometria orofaríngea.

As gravações foram coletadas no software Voxmetria da CTS informática com taxa de amostragem de 44000 Hz e 16bits, utilizando um notebook n3 Intel® Core™ i3-2348M e uma placa de som externa (Andrea PureAudio™ USB-AS). Para captar a emissão da vogal, foi usado o microfone Auricular Karsect HT-2, mantendo uma distância de aproximadamente quatro centímetros da boca do voluntário, em um ângulo de aproximadamente 45°. Estando ainda, o participante posturado numa cadeira em um ângulo de 90°, disposto em ambiente com condições acústicas favoráveis à gravação ^[43].

Para a coleta dos formantes e do cepstro foi utilizado o software Praat na versão 64-bit edition com última atualização em seis de dezembro de dois mil e vinte, os áudios foram convertidos em formato wav. Foi considerando os três segundos centrais da emissão da vogal /ε/ sustentada.

Os valores formânticos são referentes aos dados de F1, F2, F3 e F4 para sua obtenção foi acessado o menu “VIEW & EDIT” Selecionando a aba “FORMANTS” e em seguida “SHOW FORMANTS”.

Para a medida cepstral, foi realizada a extração da média do Cepstral Peak Proeminence- Smoothed (CPPS), a partir no menu “ANALYSE PERIODICITY” - “TO POWER CEPSTROGRAM”, obtendo, assim, o parâmetro cepstro.

Procedimentos de análise de dados

Os dados foram tabulados e a análise foi feita objetivando verificar as medidas da geometria orofaríngea e relacionar com os valores dos parâmetros vocais. O teste de normalidade de Kolmogorov-Smirnov foi aplicado para cada uma das variáveis, rejeitando a hipótese de distribuição normal apenas para as variáveis CTV e AG ($p\text{-valor} < 0,05$). Então foi aplicado o teste de *Mann-Whitney* para essas variáveis e nas demais foram aplicados o teste *t* de *Student* para amostras independentes, cujo nível de significância foi de $p < 0,05$.

O coeficiente de correlação linear de Pearson procura verificar a existência de uma relação “linear” entre duas variáveis, ou seja, à medida que os valores das variáveis estudadas aumentam ou diminuem, observa-se que o comportamento gráfico tende a parecer uma reta. Desta forma, foi aplicado para relacionar parâmetros da voz com os valores da geometria orofaríngea, onde: $\rho \cong 1$ relação linear positiva; $\rho \cong -1$ relação linear negativa; $\rho \cong 0$ não há relação entre as duas variáveis e considerando $p\text{-valor} < 0,05$.

Foi aplicado teste de regressão linear para justificar a variável segundo formante (F2), dentre as principais vantagens de utilizar esta técnica, destaca-se: possibilidade de entender e descrever a relação entre as variáveis, prever valores de uma determinada variável, com base no conhecimento dos valores de outras, e em muitos casos, poder controlar os valores da variável resposta em uma faixa de interesse.

Resultados

A Tabela 1 apresenta a análise descritiva dos valores médios e coeficientes de variação (CV) considerando todas as variáveis da geometria orofaríngea, nos grupos feminino (F) e masculino (M).

Pode-se notar que os coeficientes de variação das variáveis são baixos (menor que 0,5), indicando que as médias dessas medidas são representativas, ou seja, os valores

assumidos por essas variáveis no conjunto de dados não se distanciam muito das suas respectivas médias, com exceção da variável AG no grupo masculino.

Tabela 1 - Medidas descritivas da idade e das variáveis da geometria orofaríngea para cada um dos grupos Feminino e Masculino e p-valores dos testes de comparação das médias de variável entre os grupos.

*Teste t Student para amostras independentes – nível de significância a 5%.

Variável	Grupo	Máximo	Mínimo	Média	Mediana	Coefficiente de variação	P-valor	Teste de Mann-Whitney – nível de significância a 5%. Coeficiente de variação (CV)
Idade	F	39,00	20,00	27,15	25,00	0,21	0,318*	
	M	36,00	22,00	29,06	28,00	0,16		
CCO (cm)	F	8,45	7,16	7,89	8,02	0,06	0,003*	
	M	10,16	7,16	8,71	8,45	0,09		
CCF (cm)	F	10,70	4,70	6,65	6,00	0,31	0,040*	
	M	9,00	3,00	5,22	4,80	0,31		
CTV (cm)	F	17,88	13,16	14,51	13,16	0,13	0,443 [†]	
	M	17,45	12,74	14,07	13,16	0,10		
VCO (cm ³)	F	45,21	21,67	31,21	28,47	0,22	0,124*	
	M	51,45	23,78	35,27	35,38	0,20		
VCF (cm ³)	F	21,86	6,64	12,93	10,79	0,40	0,146*	
	M	18,36	3,90	10,50	10,95	0,37		
VTV (cm ³)	F	64,67	28,33	44,15	42,98	0,22	0,625*	
	M	68,60	32,44	45,77	44,91	0,18		
AJO (cm ²)	F	0,95	0,55	0,68	0,65	0,18	0,362*	
	M	1,31	0,47	0,74	0,70	0,26		
AG (cm ²)	F	0,84	0,29	0,58	0,57	0,30	0,718 [†]	<0,3
	M	2,27	0,25	0,73	0,60	0,70		

= baixa dispersão e 0,5 = dispersão razoável; CCO= comprimento da cavidade oral; CCF= comprimento da cavidade faríngea; CTV= comprimento do trato vocal; VCO= volume da cavidade oral; VCF= volume da cavidade faríngea; VTV= volume do trato vocal; AJO= área da junção orofaríngea; AG= área seccional no nível da glote;

Verificou-se que houve diferença entre os grupos Feminino e Masculino, para as médias de CCO e CCF.

A Tabela 2 apresenta a análise descritiva dos valores médios e coeficientes de variação (CV) considerando todas as variáveis dos parâmetros acústicos da voz, nos grupos feminino (F) e masculino (M).

Nota-se que houve diferença entre os grupos Feminino e Masculino, para todas as variáveis acústicas vocais, como esperado. Vale ressaltar que, em nenhum dos registros vocais dos 31 cantores foi identificado o quinto formante (F5).

Tabela 2 - Medidas descritivas das variáveis acústicas da voz do estudo para cada um dos grupos Feminino e Masculino e p-valores dos testes de comparação das médias de variável entre os grupos.

Variável	Grupo	Máximo	Mínimo	Média	Mediana	Coefficiente de variação	P-valor
F1 (Hz)	F	721,79	469,06	578,46	568,30	0,13	0,0028*
	M	610,92	346,03	500,19	507,56	0,12	
F2 (Hz)	F	2269,00	1664,19	2071,46	2092,51	0,08	< 0,0000*
	M	1847,73	1398,41	1682,78	1685,26	0,08	
F3 (Hz)	F	3174,02	2755,05	2934,33	2945,49	0,04	< 0,0000*
	M	3032,68	2225,34	2561,15	2549,06	0,09	
F4 (Hz)	F	4681,51	3481,15	4209,37	4231,92	0,07	0,0004*
	M	4703,49	3019,57	3702,69	3630,02	0,11	
CPPS (dB)	F	18,84	9,05	14,53	14,55	0,19	0,0023*
	M	23,84	12,01	18,44	18,41	0,19	

*Teste t Student para amostras independentes – nível de significância a 5%.

Coefficiente de variação (CV) <0,3 = baixa dispersão e 0,5 = dispersão razoável; F1= primeiro formante; F2= segundo formante; F3= terceiro formante; F4= quarto formante; CPPS= medida cepstral.

Na Tabela 3 encontram-se os valores correspondentes aos coeficientes de correlação linear, considerando-se as variáveis: formantes e cepstro. Pode-se concluir que no grupo feminino existe relação linear negativa entre o terceiro formante (F3) e o cepstro. Apesar de não ser significativa, no nível de confiança de 95%, nota-se, nesse grupo, uma possível tendência de relação linear negativa entre o quarto formante (F4) e o cepstro ($p=0,05$). No grupo masculino, o cepstro apresenta relação linear negativa com o terceiro (F3) e quarto formante (F4).

Tabela 3 - Coeficiente de correlação linear de “Pearson” e P-valores entre o cepstro e cada um dos formantes, para o grupo Feminino e o grupo Masculino.

	Grupo Feminino		Grupo Masculino	
	CPPS		CPPS	
	r	p-valor	r	p-valor
F1	-0,46	0,111	0,15	0,556
F2	-0,34	0,258	-0,36	0,140
F3	-0,72	0,005	-0,52	0,027
F4	-0,55	0,051	-0,69	0,001

r= Coeficiente de correlação linear de Pearson: $\rho \cong 1$ correlação linear positiva; $\rho \cong -1$ correlação linear negativa; $\rho \cong 0$ não há correlação entre as duas variáveis.

Significância: nível de confiança/p-valor: 99% ($p \leq 0,01$), 95% ($p \leq 0,05$) e 90% ($p \leq 0,1$).

F1= primeiro formante; F2= segundo formante; F3= terceiro formante; F4= quarto formante;

Na Tabela 4, encontram-se os valores do coeficiente de correlação entre as variáveis da geometria orofaríngea e as variáveis acústicas da voz (formantes e cepstro), para cada um dos grupos (feminino e masculino).

Observa-se que, para o grupo feminino, houve relação linear positiva entre o segundo formante e o volume da cavidade faríngea. No grupo masculino, houve relação linear negativa entre o comprimento da cavidade faríngea e o valor do CPPS. Nas demais variáveis, não foi detectada associação linear em nenhum dos grupos.

Tabela 4 - Coeficiente de correlação linear de “Pearson” e p-valores entre as variáveis da geometria orofaríngea e as variáveis da voz, para os grupos Feminino e Masculino.

G		F1(Hz) r	p-valor	F2(Hz) r	p-valor	F3(Hz) r	p-valor	F4(Hz) r	p-valor	CPPS (dB) r	p-valor
CCO (cm)	F	-0,058	0,850	0,123	0,689	-0,207	0,498	-0,131	0,669	0,292	0,333
	M	0,439	0,068	-0,230	0,358	-0,397	0,102	-0,376	0,125	0,409	0,092
CCF (cm)	F	0,130	0,672	0,119	0,699	0,112	0,716	-0,316	0,293	-0,014	0,963
	M	0,003	0,991	0,292	0,239	0,447	0,063	0,385	0,114	-0,499	0,035
CTV (cm)	F	0,129	0,674	0,168	0,583	0,070	0,821	-0,382	0,198	0,067	0,827
	M	0,206	0,412	0,283	0,255	0,280	0,260	0,303	0,222	-0,257	0,304
VCO (cm³)	F	0,282	0,350	0,078	0,799	0,234	0,442	0,081	0,792	-0,089	0,774
	M	0,233	0,352	0,004	0,988	-0,119	0,638	0,123	0,626	0,227	0,365
VCF (cm³)	F	0,136	0,658	0,650	0,016	0,271	0,370	0,127	0,680	-0,034	0,913
	M	-0,273	0,274	0,072	0,776	0,080	0,754	0,349	0,156	-0,383	0,117
VTV (cm³)	F	0,269	0,374	0,400	0,176	0,307	0,307	0,125	0,684	-0,080	0,795
	M	0,071	0,780	0,034	0,892	-0,064	0,802	0,272	0,276	0,015	0,952
AJO (cm²)	F	-0,074	0,811	0,224	0,463	-0,067	0,828	0,245	0,420	-0,172	0,574
	M	0,162	0,521	-0,057	0,823	-0,054	0,833	-0,037	0,883	0,285	0,251
AG (cm²)	F	-0,275	0,362	0,020	0,949	-0,116	0,706	0,500	0,082	-0,185	0,545
	M	0,083	0,742	0,330	0,182	-0,231	0,357	-0,154	0,543	0,248	0,320

r= Coeficiente de correlação linear de Pearson: $\rho \cong 1$ relação linear positiva; $\rho \cong -1$ relação linear negativa; $\rho \cong 0$ não há relação entre as duas variáveis; Significância: nível de confiança/p-valor: 99% ($p \leq 0,01$), 95% ($p \leq 0,05$) e 90% ($p \leq 0,1$); G=grupos; M=masculino e F=feminino; CCO= comprimento da cavidade oral; CCF= comprimento da cavidade faríngea; CTV= comprimento do trato vocal; VCO= volume da cavidade oral; VCF= volume da cavidade faríngea; VTV= volume do trato vocal; AJO= área da junção orofaríngea; AG= área da glote; F1= primeiro formante; F2= segundo formante; F3= terceiro formante; F4= quarto formante; CPPS= medida cepstral.

Foram realizadas também, combinações entre as variáveis da geometria orofaríngea e da voz, considerando como variável resposta os formantes e cepstro e, como variáveis explicativas, as variáveis da geometria orofaríngea. Foi possível definir apenas um modelo de regressão linear, para o segundo formante do grupo feminino. Portanto, apenas as variáveis: volume da cavidade faríngea e sexo foram significantes para explicar a variação dos valores de F2. Para indicar o quanto da variação dos valores da variável resposta o modelo estimado consegue justificar em termos de proporção, foi calculado o coeficiente de determinação,

representado por R^2 . Neste caso, temos que $R^2 = 0,70$, isso significa que aproximadamente 70% da variação dos valores do segundo formante, para o grupo feminino consegue ser justificada pelos valores de VCF e pelo sexo do indivíduo. Desse modo, as variáveis sexo e VCF influenciaram no valor do segundo formante (F2).

Na Tabela 5 estão os valores estimados dos coeficientes dessa equação e o erro-padrão das estimativas e as estatísticas t com os respectivos p-valores (essas duas últimas medidas são utilizadas no teste hipótese que verifica a relevância das variáveis no modelo).

Tabela 5 - Estimativas, erros-padrão, estatísticas t e p-valores do modelo para o Segundo Formante.

<i>Coefficientes</i>	<i>Estimativas</i>	<i>Erro - Padrão</i>	<i>Estatística t</i>	<i>p-valor</i>	<i>Coefficiente de variação R^2</i>
β_0	1905,119	83,168	22,907	0,000000	0,70
β_1	-357,438	51,984	-6,876	0,000000	
β_2	12,864	5,714	2,251	0,032400	

Regressão linear

Equação: $F2 = \beta_0 + \beta_1 * \text{Sexo} + \beta_2 * \text{VCF} + \varepsilon$.

Variáveis explicativas: volume da cavidade faríngea (VCF) e Sexo.

Discussão

O trato vocal apresenta fortes efeitos de ressonância para a voz, cujas frequências podem ser variadas a partir de mudanças geométricas, como variação da abertura da boca ^[63]. As dificuldades técnicas existentes, para a medição precisa das propriedades acústicas do TV em tempo real, têm sido superadas pela tecnologia aplicada ao estudo da voz e seus resultados têm oferecido grandes contribuições para a avaliação dos ajustes vocais no canto ^[63; 64]. Este estudo apresentou as possíveis correlações entre diferentes segmentos do trato vocal e valores vocais acústicos relacionados ao cepstro e aos formantes de cantores, utilizando-se a tecnologia da faringometria acústica.

Ao comparar os resultados do presente estudo, com valores normativos de medidas do TV em populações sadias de diferentes características, observa-se que os resultados aqui encontrados diferem em parte de outros estudos. Enquanto que nos estudos normativos há diferenças anatômicas de TV entre homens e mulheres, com valores maiores de medidas orofaríngeas em homens ^[50;65]. No presente estudo, só foram identificadas diferenças entre os sexos no comprimento da cavidade oral e no comprimento da cavidade faríngea, sendo que o

primeiro foi maior no grupo masculino comparativamente ao grupo feminino, e o segundo foi maior no grupo feminino (Tabela 1).

A despeito de não concordar com a literatura, pode-se inferir que, por se tratar de uma amostra de cantores, tal resultado seja justificado pela classificação vocal dos sujeitos ^[66], como podemos encontrar em outros estudos ^[47,66,67], que identificaram relação entre diferentes classificações vocais e as estruturas do trato vocal para o cantor ^[47,66]. Estudos ^[47,66,67] demonstraram que o CCO, CTV, VCO e VTV eram menores em sopranos em comparação aos mezzo-sopranos. Vozes mais agudas apresentam menor CCO ^[47,65]. Assim como no presente estudo, as vozes femininas, mais agudas, apresentaram menores valores de CCO. No entanto, para se confirmar tal hipótese, sugerem-se estudos prospectivos que controlem tal variável, tendo em vista que no presente estudo esse controle não foi possível, pelas limitações do banco de dados utilizado.

Quanto ao menor comprimento da cavidade oral, no sexo feminino, esse poderia resultar da anteriorização lingual que, por sua vez, resulta no estreitamento da região do palato duro e no aumento da cavidade faríngea ^[26-28]. Isso poderia justificar os maiores valores do comprimento da cavidade faríngea no grupo feminino (Tabela 1).

Como esperado, as variáveis acústicas vocais relativas aos formantes foram menores nos cantores do sexo masculino (Tabela 2). Portanto, no presente estudo, infere-se que a fonte glótica tenha influenciado mais no resultado das frequências da voz ^[47] que as dimensões geométricas do TV, diferentemente de outros estudos que apontaram a relação entre o tamanho maior do TV e a voz mais grave ^[50; 60; 65-68;]. Outro possível fator que pode ter influenciado os resultados, além da questão das classificações vocais ^[66], poderiam ser a estatura e o tipo facial ^[69]; no entanto, tais variáveis não foram controladas no presente estudo.

Em relação à frequência dos formantes, essa é alterada à medida em que o trato vocal se modifica dos articuladores; sendo assim, tratos vocais mais curtos enfatizam as frequências mais altas dos formantes e vice-versa ^[17]. Portanto, vozes femininas comparadas às masculinas, apresentam valores formânticos mais altos que os homens ^[16], assim como observado neste estudo (Tabela 2).

Esses resultados parecem corroborar a premissa de que a modificação do trato vocal gera resultados acústicos diferentes em vozes masculinas e femininas, tendo em vista que, a despeito da geometria orofaríngea, neste estudo, diferir pouco entre os sexos, os resultados acústicos vocais diferiram significativamente. Ademais, considerando-se que as diferentes

classificações vocais de cantores (naipes) interferem na produção dos formantes ^[70], sugere-se que, em estudos futuros, essa variável seja controlada.

Quanto aos dados do cepstro vocal, sabe-se que as vozes com melhor qualidade vocal e, portanto, mais periódicas, apresentam uma configuração harmônica bem definida dentro do espectro e, dessa forma, o pico cepstral é mais proeminente, correspondendo a valores mais elevados do CPPS ^[71]. No presente estudo, os valores do CPPS também foram maiores no grupo masculino (Tabela 2) ^[44]

Na discriminação entre indivíduos sadios e com desvios vocais, utilizou-se o ponto de corte do CPPS em 17,68 dB ^[19]. No presente estudo, o grupo que apresentou resultados acima desse valor foi o grupo masculino (Tabela 2). Uma possível justificativa para esses valores maiores no grupo masculino pode ser o tamanho da porção membranosa das pregas vocais que pode proporcionar maior produção de harmônicos, além da configuração glótica masculina ^[68] que permite melhor coaptação glótica e, portanto, menor produção de sinais acústicos de ruído.

Em outro estudo ^[72] que determinou a medida de CPPS como possível indicador na discriminação de vozes sadias e desviadas a partir da vogal sustentada /a/, o ponto de corte foi de 15,5 dB para mulheres. Desse modo, além de se confirmar que o valor do ponto de corte do CPPS para discriminação dos indivíduos com e sem desvio vocal deve considerar valores diferentes para os sexos, deve-se considerar, também, os diferentes testes e vogais analisadas, na padronização desse valor ^[35, 71,], pois nenhuma amostra vocal das participantes foi classificada com desvio vocal pelas juízas, na análise perceptivo-auditiva.

Sabe-se que as medidas dos formantes oferecem informações sobre a distribuição de energia ao longo da frequência no trato vocal, e, por outro lado, as medidas obtidas a partir do cepstro realçam a força relativa da energia dos harmônicos no sinal acústico ^[73]. Com base nessas informações, o presente estudo, buscou investigar uma possível relação entre os formantes e o cepstro vocal.

A relação linear negativa entre o terceiro formante e o cepstro, nos grupos feminino e masculino e entre o quarto formante e o cepstro, no grupo masculino (Tabela 3), pode ser explicada pela relação entre o melhor valor cepstral e as frequências mais graves ^[44], como ocorre nas vozes masculinas, mostrando a interdependência de fonte e filtro na estabilidade vocal. Desse modo, a despeito dos formantes F3 e F4 serem responsáveis por uma qualidade

vocal com maior brilho ^[17, 25-27] quando esses apresentam frequências mais elevadas, o pico cepstral tende a diminuir. Tal informação pode ser útil para professores de canto e preparadores vocais, no preparo vocal do cantor e na análise instrumental de resultados de técnicas vocais.

Quanto à relação linear positiva entre o volume da cavidade faríngea (VCF) e o segundo formante (F2) no sexo feminino (Tabela 4), sabe-se que o aumento do formante F2 é sensível ao aumento da cavidade faríngea e pelo deslocamento da língua ao plano horizontal, sendo tão mais alto quanto maior for o espaço faríngeo ^[74-78]. Portanto, considerando-se que a medida da geometria faríngea foi realizada com o bocal da faringometria mantendo o posicionamento da língua, pode-se considerar que a dimensão da cavidade influenciou na medida do formante, independentemente do posicionamento da língua ^[75,76].

Vale ressaltar, porém, que as medidas geométricas deste estudo foram realizadas segundo as normas de aplicação da faringometria acústica; ou seja, o posicionamento da cavidade oral, durante a aferição das medidas, configurou-se no formato da vogal /o/ fechada e as medidas acústicas foram realizadas a partir da vogal /ε/. Desse modo, sugere-se, para estudos futuros, realizar a análise acústica a partir da vogal /o/ para comparação desses parâmetros. Tal consideração é justificada pela interferência da postura da cavidade oral nas medidas de cepstro e, em especial, nas medidas dos formantes ^[17; 73].

Outra possível explicação para justificar esse achado é que o alargamento de faringe pode ser explicado também no contexto da pedagogia do canto metaforicamente como "abrir a garganta". Esse gesto vocal faz com que o cantor entenda que o alargamento do tubo laringofaríngeo é importante para a produção de uma voz com mais harmônicos ^[30].

Com respeito à relação linear negativa entre o comprimento da cavidade faríngea e o valor do CPPS, no grupo masculino, pode-se inferir uma possível interferência do palato mole, nesse resultado, ou o próprio deslocamento vertical da laringe: quanto menor o comprimento da cavidade faríngea, maior o valor do CPPS. Ademais, há que se considerar a possível influência do IMC dos sujeitos no comportamento dessas relações, embora essa variável não tenha sido utilizada neste estudo.

Foi também aplicado o modelo de regressão linear sendo a variável resposta o segundo formante (F2), por ser a única variável que apresentou resposta para essa análise. Assim,

foram estimados os coeficientes desse modelo, tendo como variáveis explicativas o sexo e o volume da cavidade faríngea (VCF), com intervalo de confiança de 95%,

A tabela 5 mostra que o valor do segundo formante sofre influência tanto do sexo quanto do VCF. Isso sugere que o valor desse formante está relacionado tanto à geometria do trato vocal, quanto às demais diferenças vocais entre os sexos relacionadas, principalmente, à frequência fundamental ^[16, 68, 79].

As peculiaridades inerentes à voz do cantor ^[66, 80] e os resultados encontrados neste estudo, demonstram a importância de se entender o comportamento do TV na produção da voz cantada, visto que os métodos de avaliação da voz ainda não permitem uma análise fiel, de forma dinâmica, durante o comportamento da laringe e estruturas correlatas na produção vocal cantada.

Como limitações deste estudo, por se tratar de dados secundários, não foi possível coletar informações sobre diferentes classificações vocais que poderiam mostrar diferenças intragrupo. Também não foram registrados os estilos de canto mais preponderantes na rotina de cada cantor, a despeito de se saber que a maior parte adotava um repertório mais “ecclético”, incluindo tanto músicas eruditas quanto populares. Essa realidade é comum ao cantor brasileiro não profissional, tendo em vista as restrições às oportunidades em formação no canto erudito, principalmente em determinadas regiões do país ^[81-84].

Ainda por se tratar de dados secundários, não foi possível avaliar o quinto formante dos cantores, pois há uma concordância entre alguns autores que ele só é encontrado em vozes treinadas ^[25,27,79,], e é caracterizado pela amplificação sonora das frequências de 2.000, 3.000 e 4.000 Hz, sendo necessário realizar ajustes sofisticados no trato vocal, como o o abaixamento da laringe e o alargamento da cavidade faríngea ^[17, 26, 85] e os cantores que participaram deste estudo não foram orientados quanto a esses ajustes durante o período da coleta, visto que com a solicitação de tarefas específicas, tais medidas poderiam ser encontradas nessa população.

Além disso, o trabalho se voltou à análise de apenas uma vogal, propondo a continuidade e trabalhos futuros que incluam outras avaliações vocálicas e demais amostras de fala e com uma amostra maior de cantores. Sugere-se, ainda, a aplicação desta análise na comparação de resultados de técnicas vocais de aprimoramento vocal e em outros profissionais da voz.

Este estudo corroborou o uso da faringometria acústica no estudo do trato vocal de cantores, tendo em vista as vantagens desse instrumento em comparação a outros métodos de avaliação objetiva das estruturas orofaríngeas [51,52] e as peculiaridades inerentes à voz do cantor [47,66,80]. Ademais, propõe-se que sejam realizadas outras pesquisas com esse instrumento em uma amostra maior, para que outras variáveis sejam consideradas. Sugerem-se, também, estudos em outras populações, considerando-se as relações entre as variáveis faringométricas e as medidas acústicas cepstrais e formânticas.

Os resultados encontrados neste estudo, demonstram a importância da realização de pesquisas que visem avaliar as correlações entre qualidade vocal e dimensões do trato vocal em seus diferentes ajustes. Tais resultados podem ilustrar e embasar melhor o trabalho pedagógico vocal no canto, no intuito de se evitar, cada vez mais, que um subsistema de voz específico evoque efeitos colaterais sobre outros subsistemas e também no intuito de se promover benefícios à qualidade e saúde vocais, valorizando-se as abordagens mais holísticas na pedagogia vocal [86].

Conclusão

Foram identificadas diferenças entre os sexos apenas no comprimento da cavidade oral e no comprimento da cavidade faríngea, sendo que o primeiro foi maior no grupo masculino comparativamente ao grupo feminino, e o segundo foi maior no grupo feminino. Houve correlação entre o segundo formante e o volume da cavidade faríngea nas cantoras do sexo feminino e entre o cepstro e o comprimento da cavidade faríngea, nos cantores masculinos. Os valores dos quatro primeiros formantes foram maiores nas cantoras do sexo feminino e os valores cepstrais foram maiores no grupo masculino. Houve correlação entre o terceiro formante e o cepstro nas vozes femininas e entre o terceiro e quarto formante e o cepstro nos cantores masculinos.

Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

Referências

1. Fernandes FDM, Mendes BCA, Navas ALPGP. Tratado de Fonoaudiologia. São Paulo: Roca, 2010.
2. Dromey C, Reese L, Hopkin JA. Laryngeal-level amplitude modulation in vibrato. J Voice. 2009;23(2):156-63.

3. Anand S, Wingate JM, Smith B, Shrivastav R. Acoustic parameters critical for an appropriate vibrato. *J Voice*. 2012;26(6): 820.e19-25.
4. Erickson ML. The Interaction of Formant Frequency and Pitch in the Perception of Voice Category and Jaw Opening in Female Singers. *J Voice*, 2004; 18 (1): 24-37.
5. García-López I, Bouzas JG. The singing voice. *Acta Otorrinolaringol Esp*. 2010; 61(6): 441–51.
6. Traser L, Burdumy M, Richter B, Vicari M, Echternach M. The Effect of Supine and Upright Position on Vocal Tract Configurations During Singing—A Comparative Study in Professional Tenors. *J Voice*. 2013; 27 (2): 141-8.
7. Mainka A, Poznyakovskiy A, Platzek I, Fleischer M, Sundberg J, Mürbe D. Lower Vocal Tract Morphologic Adjustments Are Relevant for Voice Timbre in Singing. *PLOS ONE*. 2015; 17: 1-19. DOI: 10.1371/journal.pone.0132241.
8. Bahiano DSM, Cataldo E. Criação de um Modelo Estocástico para a Síntese de Vogais Considerando o Pulso Glotal de Liljencrants-Fant com Parâmetros Unificados. *Proceeding Series of the Brazilian Society of Computational and Applied Mathematics*, 2020; 7(1): 2-1.
9. Echternach M, Burk F, Burdumy M, Traser L, Richter B. Morphometric Differences of Vocal Tract Articulators in Different Loudness Conditions in Singing. *PLOS ONE*. 2016; 20: 1-17. DOI: 10.1371/journal.pone.0153792.
10. Aaen M, McGlashan J, Sadolin C. Laryngostroboscopic Exploration of Rough Vocal Effects in Singing and their Statistical Recognizability: An Anatomical and Physiological Description and Visual Recognizability Study of Distortion, Growl, Rattle, and Grunt using laryngostroboscopic Imaging and Panel Assessment. *J Voice*. 2020; 34 (1): 162.e5-14.
11. Herbst CT. A Review of Singing Voice Subsystem Interactions —Toward an Extended Physiological Model of “Support”. *J Voice*, 2017; 31(2): 249.e13–249.e19.
12. Bordiano G, Becker L. Overtone Singing: a surpreendente habilidade de perceber e emitir vocalmente uma série harmônica. 2018. *ouvirouver* 2018; 14(2): 466-80.
13. Hutchins S, Peretz I. A frog in your throat or in your ear? Searching for the causes of poor singing. *J Experiment Psychol*. 2012; 141 (1): 76 –97.
14. MC henry M., Evans J, Powitzky E. Singers’ phonation threshold pressure and ratings of self-perceived effort on vocal tasks. *Journal of Voice*. 2013; 27 (3): p. 295-298.
15. Ambrožič MK, Boltežar IH, Hren NI. Changes of some functional speech disorders after surgical correction of skeletal anterior open bite. *Int J Rehabil Res*. 2015, 38(3): p. 246-52.
16. Gomes, MLC, Carneiro DO Dresch AAG. Análise perceptiva e acústica em fonética forense: uma pesquisa em disfarce de voz. *Domínios de Linguagem*, 10(2), 559-589, 2016.
17. Cordeiro GF, Pinho SMR, Camargo ZA. Formante do cantor – um enfoque fisiológico. In: Pinho, SMR. *Temas em voz profissional*. São Paulo: Revinter, 2007. p.23-30.
18. Sundberg, J. Articulatory interpretation of the singing formant. *Journal of the Acoustical Society of America*. 1974, 55(4): p. 838-844.

19. Awan SN, Roy N, Jetté ME, Meltzner GS, Hillman RE. Quantifying dysphonia severity using a spectral/cepstral-based acoustic index: comparisons with auditory-perceptual judgements from the CAPE-V. *Clin Linguist Phon.* 2010;24(9):742-58.
20. Duckworth M, MC dougal K, DE Jong G, Shockey L. Improving the consistency of formant measurement. In: *Journal of Speech Language and Hearing Research.* 2011, 18(1): p. 35-5.
21. Stone RE (Ed) Jr, Cleveland TF, Sundberg J. Formant frequencies in country singer's speech and singing. *Journal of Voice.* 1999, 13(2): p. 161-167.
22. Cleveland TF, Sundberg J, Stone RE (Ed). Long-Term Average Spectrum characteristics of country singers during speaking and singing. *Journal of voice.* 2001, 15(1): p: 54-60.
23. Marter S. Análise acústica e perceptivo-auditiva da voz de atores e não atores masculinos: *Long term average spectrum* e o "formante do ator". 2005, 148 f. Tese (Doutorado em distúrbios da comunicação humana) - Escola Paulista de Medicina, Universidade Federal de São Paulo, São Paulo.
24. Bele IV. The speaker's formant. *Journal of Voice.* 2006, 20(4): p:555-78.
25. Bjorkner E. Musical theater and opera singing – why so different (int) A study of subglottal pressure, voice source, and formante frequency characteristics. *Journal of Voice;* .22(5), 533-540, 2008.
26. Leino T, Laukkanen AM, Radolf V. Formation of the actor's/speaker's formant: A study applying spectrum analysis and computer modeling. *Journal of Voice.* 25 (2), 8-150, 2010.
27. Ferguson S, Kenny D.T, Cabrera D. Effects of training on time-varying spectral energy and sound pressure level in nine male classical singers. *Journal of Voice.* 24 (1), 39-46, 2010.
28. Sundberg J. Vocal Tract Resonance. In: Sataloff RT. Eds. *Professional voice: The science and Art of clinical care.* New York: Raven Press Ltd.; p. 49-68, 1991.
29. Reid KLP, Davis P, Oates J; et al. The acoustic characteristics of professional opera singers performing in chorus versus solo mode. *Journal of voice.* 2007, 21(1): p. 35-45.
30. Gusmão CS. O formante do cantor e os ajustes laríngeos e supralaríngeos em cantores barítonos: Uma Investigação Acústica e Fibronasolaringoscópica. 2014. Dissertação (Mestrado em música) - Escola de Música da Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG. Minas Gerais.
31. Heman-Ackah YD, Heuer RJ, Michael DD. et al. Cepstral peak prominence: a more reliable measure of dysphonia. *Journal of Speech Language and Hearing Research.* 2003,112, p: 324-333.
32. Heman-Ackah YD, Michael DD, Goding GS. The relationship between cepstral peak prominence and selected parameters of dysphonia. *Journal of Voice.* 2002,16, p:20-27.
33. Mehta DD, Hillman RE. Voice assessment: updates on perceptual, acoustic, aerodynamic and endoscopic imaging methods. *Current Opinion in Otolaryngology Head and Neck Surgery.* 2008, 16, p:211-15.

34. Moers C, Mobius B, Rosanowski F, Noth E.; et al. Vowel- and Text-Based Cepstral Analysis of Chronic Hoarseness. *Journal of Voice*. 2012, 26, (4): p. 416-424.
35. Sujitha OS, Pebbili GK. Cepstral Analysis of Voice in Young Adults. *Journal of Voice*, 2022; 36 (1): 43-49.
36. Carding P, Steen IN, Webb A, Mackenzie K, Deary, IJ, Wilson JA. The reliability and sensitivity to change of acoustic measures of voice quality. *Clinical Otolaryngology and Allied Sciences*. 2004, 29(5): p. 538-544.
37. Gelzinis A, Verikas A, Bacauskiene M. Automated speech analysis applied to laryngeal disease categorization. *Computer Methods and Programs in Biomedicine Journal*. 2008, 91, p.36-47.
38. Choi SH, Lee JY, Sprecher AJ, Jiang JJ. The Effect of Segment Selection on Acoustic Analysis. *Journal of Voice*. 2012, 26 (1): p: 1-17.
39. Calvache Mora CA. Efectividad del calentamiento vocal fisiológico para cantantes. *Rev. Cienc. Salud*, Bogotá.2016, 14 (3): p. 365-378.
40. Watts CR, Awan SN. Use of spectral/cepstral analyses for differentiating normal from hypofunctional voices in sustained vowel and continuous speech contexts *Journal of Speech Language and Hearing Research*. 2011, 54 (6): p.37-1525.
41. Awan SN, Roy N, Zhang D, Cohen SM. Validation of the cepstral spectral index of dysphonia (CSID) as a screening tool for voice disorders: development of clinical cutoff scores. *J Voice*, 2016; 30(2), 130-44.
42. Lopes LW et al. Medidas cepstrais na avaliação da intensidade do desvio vocal. *CoDAS* [online]. 2019, v. 31, n. 4 [Accessed 14 November 2021] , e20180175. Available from: <<https://doi.org/10.1590/2317-1782/20182018175>>. Epub 15 Aug 2019.
43. Maryn Y, et al. Acoustic measurement of overall voice quality: A meta-analysis. *J Acoustic Soc Am*, 2009; 126(5):2619-34.
44. Delgado J; et al. Análisis acústico de la voz: medidas temporales, espectrales y cepstrales en la voz normal con el Praat en una muestra de hablantes de español. *Revista de investigacion en logopedia*. 2017, 7(2): p. 108-127.
45. Mahalingam S, Boominathan P, Arunachalam R, Venkatesh L, Srinivas S. Cepstral Measures to Analyze Vocal Fatigue in Individuals With Hyperfunctional Voice Disorder *J Voice*. 2021; 35 (6): 815-21.
46. Cardoso NSV, Lucena JA, Lira ZS, Vasconcelos SJ, Lopes LW, Gomes AOC. Do flexible silicone tubes immersed in water combined with vocalise improve the immediate effect on voice? *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*. 2021, 64, p. 4535–4562.
47. Roers F, Mürbe D, Sundberg J; et al. Voice classification and vocal tract of singers: A study of x-ray images and morphology. *The Journal of the Acoustical Society of America*. 125 (1): p. 12- 503, 2009.

48. Graf S, Schwiebacher J, Richter L, Buchberger, M.; et al. Adjustment of Vocal Tract Shape via Biofeedback: Influence on Vowels. *Journal of Voice*. 2018, 34 (3): p. 335–345.
49. Tokuhara L, Bispo B, Dajer M, Theodoro E.; et al. “Avaliação de Capacidade Discriminante de Distribuições da Proeminência do Pico Cepstral para Identificar Nódulos Vocais. XXXVII Simpósio Brasileiro de Telecomunicações e Processamento de Sinais – SBrT. Petrópolis, RJ, 2019.
50. Xue SA, Hao JG. Normative Standards for Vocal Tract Dimensions by Race as Measured by Acoustic Pharyngometry. *JVoice*. 2006;20(3): 391–400.
51. Gelardi M, Giudice AM, Del Cassano FCM.; et al. A faringometria acústica: correlações clínico-instrumentais nos distúrbios do sono. *Revista Brasileira de Otorrinolaringologia*. 2007, 73 (2): p. 257-265.
52. Molfenter M. The reliability of oral and pharyngeal dimensions captured with acoustic pharyngometry. *Dysphagia*. 2016, 31 (4): p.555-559.
53. Brooks LJ, Byard PJ, Fouke JM.; et al. Reproducibility of measurements of upper airway area by acoustic reflection. *J Appl Physiol*.1989, 66, p.2901-2905.
54. Silva CIGS. Modificação da via aérea superior com uso de CPAP: avaliação por faringometria acústica em apneicos graves e roncadores simples. 2014. (Tese de doutorado) Faculdade de Medicina, da Universidade de São Paulo, São Paulo.
55. Silva JMS, Gomes AOC, Silva HJ, Vasconcelos SJ, Coriolano MGWS, Lira ZS. Effect of Resonance Tube Technique on Oropharyngeal Geometry and Voice in Individuals with Parkinson’s Disease. *Journal of Voice*. 2021, .35 (5): p. 807.e25- 807.e32.
56. Krik VM, Ribeiro VV, Siqueira LTD, Rosa MO, Leite APD. Análise acústica da voz: comparação entre dois tipos de microfones. *Audiol., Commun. Res., São Paulo*, 2019;24: e2113.
57. Boutet C, Abdirahman SMM, Celle S, Laurent B, Barthélémy JC, Barral FG. Supra-epiglottic upper airway volume in elderly patients with obstructive sleep apnea. *Accelerating the Publication of Peer-reviewed Science, Califórnia*, 2016; 11(6): 1-10.
58. Hoffstein V, Fredberg JJ. The acoustic reflection technique for non invasive assessment of upper airway area. *European Respiratory Journal*. 1991,4 (5): p.602-611.
59. Kamal I. Normal standart curve for acoustic pharyngometry. *Otolaryngol Head Neck Surg*. 2001, 124 (3): p. 323-30.
60. Vorperian HK, Kurtzweil SL, Fourakis M, Kent RD, Tillman KK, Austin D. Effect of body position on vocal tract acoustics: Acoustic pharyngometry and vowel formants. *J. Acoust. Soc. Am*. 2015; 138 (2): 833-45.
61. Ghirardi ACDAM, de Almeida Goulart IMC, Ribeiro S. Voice and vocal tract of wind instrumentalists: Integrative literature review. *Distúrbios da Comunicação*, 2020;32(1), 64-72.
62. França FP, de Almeida AA, Lopes LW. Acoustic-articulatory configuration of women with vocal nodules and with healthy voice. *CoDAS*,2019; 31(6): e20180241.

63. Wolfe J, Garnier M, Smith J. Vocal tract resonances in speech, singing and playing musical instruments. *HFSPJ*. 2009; 3, 6-23.
64. Sahoo NK; Agarwal SS; Datana S; Bhandari SK. Effect of Mandibular Advancement Surgery on Tongue Length and Height and Its Correlation with Upper Airway Dimensions. *J. Maxillofac. Oral Surg*, oct-Dec, 19 (4), 2020.
65. Xue SA, Cheng RWC, Ng LM. Vocal tract dimensional development of adolescents: An acoustic reflection study. *International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology*. 2010, 74:907–912
66. Yan N, Ng ML, Man MK, To TH. Vocal tract dimensional characteristics of professional male and female singers with different types of singing voices. *International Journal of Speech-Language Pathology*, 2013; 15(5): 484–91.
67. Oliveira, KGSC et al. Oropharyngeal Geometry and the Singing Voice: Immediate Effect of Two Semi-Occluded Vocal Tract Exercises. *Journal of Voice*, In Press. Doi: 10.1016/j.jvoice.2020.06.027.
68. Pontes P, Kyrillos L, Behlau M, De Biase N, Pontes A. Vocal nodules and laryngeal morphology. *J Voice*. 2002;16(3):408-14.
69. Bommarito, et al. Correlation Between Voice, Speech, Body and Facial Types in Young Adults. *Global Journal of Otolaryngology*. São Paulo, v.20, n.4, p. e556041, 2018.
70. Sundberg, J. *Ciência da voz: fatos sobre a voz na fala e no canto*. [S.l.]: Editora da Universidade de Sao Paulo, p.328, 2015.
71. Delgado-Hernández J, et al. Análisis cepstral de la voz normal y patológica en adultos españoles. Medida de la Prominencia del Pico Cepstral Suavizado en vocales sostenidas versus habla conectada. *Acta Otorrinolaringológica Española*, 69 (3), 134-140, 2018.
72. Castellana A, Carullo A, Corbellini S, Astolfi A., Spadola Bisetti M, Colombini J. Cepstral peak prominence smoothed distribution as discriminator of vocal health in sustained vowel. 2017 IEEE International Instrumentation and Measurement Technology Conference. DOI: 10.1109/I2MTC.2017.7969748.
73. Lowell SY, Colton RH, Kelley RT, Hahn YC. Spectral- and cepstral-based measures during continuous speech: Capacity to distinguish dysphonia and consistency within a speaker. *Journal of Voice*. 2011; 25(5), e223–32.
74. Viegas F, et al. Comparison of fundamental frequency and formants frequency measurements in two speech tasks. *Rev. CEFAC*, 21(6): e12819, 2019.
75. Barbosa PA, Madureira S. *Manual de fonética acústica experimental*. São Paulo: Cortez Editora; 2015, 591p.
76. Fadel CBX, Dassie-Leite AP, Santos RS, Rosa M O, Marques JM. Características acústicas da qualidade vocal metálica. *CoDAS*, 2015. 27 (1), 97–100.
77. Stevens KN, House AS. An acoustical theory of vowel production and some of its implications. *J Speech Hear Res*. 1961; 4:303-20.

78. Hanayama EM, Tsuji DH, Pinho SMR. Voz Metálica: Estudo das Características Fisiológicas e Acústicas. *Revista CEFAC*. 2004;6(4):436-45.
79. Gusmão CS, Campos PH, Maia MEO. The singer's formant and the laryngeal adjustments used to realize it: a descriptive review. *Revista Acadêmica de Música*, 21 p. 43-50, 2010.
80. Behlau M, Moreti F, Pecoraro G. Condicionamento vocal individualizado para profissionais da voz cantada - relato de casos. *Rev. CEFAC*. 2014;16(5):1713-1722.
81. Abreu F. Características do Canto Erudito e do Canto Popular Urbano no Ocidente Contemporâneo. *Revista Backstage*. Rio de Janeiro: Editora H. Sheldon.2000.
82. Loiola CM. Canto popular e erudito: características vocais, ajustes do trato vocal e desempenho profissional. 2013. 108 f. Tese (Doutorado) - Curso de Fonoaudiologia, Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, São Paulo, 2013. Disponível em: <https://tede2.pucsp.br/handle/handle/11959>. Acesso em: 24 nov. 2020.
83. Albuquerque, Ana Paula Lima de. O ensino do canto popular em duas universidades públicas brasileiras: um estudo sobre as práticas pedagógicas da UnB e da UFMG. 2017. Recurso online. 158 p. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Artes, Campinas, SP.
84. Barreiro CML, Silva MAA. Índice de desvantagem vocal em cantores populares e eruditos profissionais. CoDas. São Paulo, 2016.
85. Vieira MN. Uma introdução à acústica da voz cantada. In: *I Seminário Música, Ciência e Tecnologia*. 2004, São Paulo. *AcMUS – I Seminário Música, Ciência e Tecnologia*, 2004. 1, p. 70-79.
86. Gava Junior W, Ferreira LP, Andrada e Silva MA. Apoio respiratório na voz cantada: perspectiva de professores de canto e fonoaudiólogos. *Rev. CEFAC*. 2010;12

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho conseguiu atender ao objetivo proposto de verificar as relações entre as medidas da geometria orofaríngea e parâmetros acústicos da voz de cantores.

Os resultados mostraram a existência de diferenças nas medidas da geometria orofaríngea, formantes e cepstro, além de correlações entre as medidas da geometria orofaríngea e os parâmetros da voz a partir da variável independente, sexo.

Os achados sugerem continuidade, considerando a inclusão de outros padrões articulatórios como variáveis, a exemplo, as vogais do triângulo vocálico /a/, /i/ e /u/ para entender a relação da geometria orofaríngea e medidas vocais de forma dinâmica, a partir dos dados das demais vogais.

Esta pesquisa, pode ser aplicada em outros grupos experienciais, e na análise de resultados de técnicas vocais aplicadas, colaborando, assim, com o aperfeiçoamento vocal de cantores e outros profissionais da voz, considerando que os ajustes vocais adequados em detrimento à conformação geométrica, influenciarão na formação dos formantes que irão conferir maior refinamento da qualidade vocal.

REFERÊNCIAS

- AAEN, M; MCGLASHAN, J; SADOLIN, C. Laryngostroboscopic Exploration of Rough Vocal Effects in Singing and their Statistical Recognizability: An Anatomical and Physiological Description and Visual Recognizability Study of Distortion, Growl, Rattle, and Grunt using laryngostroboscopic Imaging and Panel Assessment. **Journal of Voice**. v. 34, n.1, p. 162-174, 2020.
- ABREU, F. Características do Canto Erudito e do Canto Popular Urbano no Ocidente Contemporâneo. **Revista Backstage**. Rio de Janeiro: Editora H. Sheldon.2000.
- ALBUQUERQUE, A.P. L. De. O ensino do canto popular em duas universidades públicas brasileiras: um estudo sobre as práticas pedagógicas da UnB e da UFMG. 2017. Recurso online. 158 p. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Artes, Campinas, SP.
- ALVES, C.C. **Efeito das metáforas no ensino do canto: dados acústicos e de imagem do trato vocal**. 2013. (Dissertação-Mestrado). São Paulo (SP): Pontifícia Universidade Católica de São Paulo.
- AMBROŽIČ, M.K.; BOLTEŽAR, I. H.; HREN, N. I. Changes of some functional speech disorders after surgical correction of skeletal anterior open bite. **Int J Rehabil Res.**, v. 38, n. 3, p. 246-52, Sep 2015
- ANDRADE, S.R; FONTOURA, D.R; CIELO, C.A. Inter-relações entre fonoaudiologia e canto. **Revista Música Hodie**, v.7, p. 83–98, 2007.
- AWAN, S.N.; ROY, N. Acoustic prediction of voice type in women with functional dysphonia. **Journal of Voice**. v.19, p. 268-282, 2005.
- AWAN, S.N.; ROY, N. Outcomes Measurement in Voice Disorders: Application of an Acoustic Index of Dysphonia Severity. **Journal of Speech Language and Hearing Research**. n. 52, p. 482-499, 2009.
- AWAN, SN. Et al. Validation of the Cepstral Spectral Index of Dysphonia (CSID) as a screening tool for voice disorders: development of clinical cutoff scores. **Journal of Voice**.v.30, n.2, p. 1-15, 2015.
- BADUREK, E. S. et al. Singers' Vocal Function Knowledge Levels, Sensorimotor Self-awareness of Vocal Tract, and Impact of Functional Voice Rehabilitation on the Vocal Function Knowledge and Self-awareness of Vocal Tract. **Journal of Voice**, v. 31, n. 1, p. 122.e17–122.e24, 2017.
- BAHIANO, D. S.M; CATALDO, E. Criação de um Modelo Estocástico para a Síntese de Vogais Considerando o Pulso Glotal de Liljencrants-Fant com Parâmetros Unificados. **Proceeding Series of the Brazilian Society of Computational and Applied Mathematics**, v. 7, n.1, 2020.
- BARBOSA, P.A.; MADUREIRA S. Manual de fonética acústica experimental. São Paulo: Cortez Editora; 2015, 591p.

BARREIRO, C.M.L; SILVA, M.A.A. Índice de desvantagem vocal em cantores populares e eruditos profissionais. CoDas. São Paulo, 2016.

BEHLAU, M.; MADAZIO, G.; FEIJÓ, D.; PONTES, P.A.L. Avaliação de Voz. In: BEHLAU (org.) **Voz: o livro do especialista**. Rio de Janeiro: Revinter. 2008, p. 85-245.

BEHLAU, M. **Voz: O livro do especialista**. Rio de Janeiro: Revinter, 2010.

BELE IV. The speaker's formant. **Journal of Voice**; v. 20, n.4, p:555-78, 2006.

BJORKNER, E. Musical theater and opera singing – why so different (int) A study of subglottal pressure, voice source, and formante frequency characteristics. **Journal of Voice**; v..22, n. 5, p: 533-540, 2008.

BORDIANO, G; BECKER, L. Overtone Singing: a surpreendente habilidade de perceber e emitir vocalmente uma série harmônica. 2018. *ouvirouer* 2018; 14(2): 466-80.

BOUTET, C.; ABDIRAHMAN, S.M.M; CELLE, S.; LAURENT, B.; BARTHÉLÉMY, J.C.; BARRAL, F.G. Supra-epiglottic upper airway volume in elderly patients with obstructive sleep apnea. **Accelerating the Publication of Peer-reviewed Science**, Califórnia, v. 11, n. 6, p. 1-10, jun. 2016.

BRINCA, L. F.; BATISTA, P. F.; TAVARES, A. I.; GONCALVES, C.; MORENO, M. L. Use of cepstral analyses for differentiating normal from dysphonic voices: A comparative study of connected speech versus sustained vowel in European portuguese female speakers. **Journal of Voice**. v. 28, n. 3, p: 282–286, 2014.

BROOKS, L.J.; BYARD, P.J.; FOUKE, J.M.; et al. Reproducibility of measurements of upper airway area by acoustic reflection. **J Appl Physiol**. v. 66, p.2901-2905, 1989.

CALVACHE MORA, C. A. Efectividad del calentamiento vocal fisiológico para cantantes. **Rev. Cienc. Salud, Bogotá**, v. 14, n. 3, p. 365-378, Dec. 2016.

CAMARGO, Z. MADUREIRA, S. TSUJI, D.H. Analysis of dysphonic voices based on the interpretation of acoustic, physiological and perceptual data. In: **16th International Seminar on Speech Production Proceedings**. Sidney; 2003.

CAMARGO, Z.A. **Análise da qualidade vocal de um grupo de indivíduos disfônicos: uma abordagem interpretativa e integrada de dados de natureza acústica, perceptiva e eletroglotográfica**. 2002. 283 p. (Tese Doutorado) - Pontifícia Universidade Católica de São Paulo- PUC, São Paulo.

CARDING, P.; STEEN, I.N.; WEBB, A.; MACKENZIE, K.; DEARY, I.J. AND WILSON, J.A. The reliability and sensitivity to change of acoustic measures of voice quality. **Clinical Otolaryngology and Allied Sciences**. v. 29, n. 5, p. 538-544, 2004.

CARDOSO, N.S.V.; LUCENA, J.A.; LIRA, Z.S.; VASCONCELOS, S.J.; LOPES, L.W.; GOMES, A.O.C. Do flexible silicone tubes immersed in water combined with vocalise improve the immediate effect on voice? **Journal of Speech, Language, and Hearing Research**, v. 64, p. 4535–4562, 2021.

- CESARI, U.; PIETRO, G.; MARCIANO, E.; NIRI, C.; SANNINO, G.; VERDE, L. A new database of healthy and pathological voices. **Computers & Electrical Engineering**. v. 68, n. 5, p: 310-321, 2018.
- CHOI, S.H.; LEE, J. Y.; SPRECHER, A.J.; JIANG, J.J. The Effect of Segment Selection on Acoustic Analysis. **Journal of Voice**. v. 26, n.1, p: 1-17, 2012.
- CIELO, C. A.; LIMA, J.P.M.; CHRISTMANN, M.K.; BRUM, R.; et al. Exercícios de trato vocal semiocluido: revisão de literatura. **Revista CEFAC**. São Paulo Nov. /Dec v.15, n.6, 2013.
- CLEVELAND, T.F.; SUNDBERG, J.; STONE, R.E (Ed). Long-Term Average Spectrum characteristics of country singers during speaking and singing. **Journal of voice**. v.15, n. 1, p: 54-60, 2001.
- CORDEIRO, G.F. PINHO, S. M. R.; CAMARGO, Z. A. Formante do cantor – um enfoque fisiológico. In: PINHO, Silvia M R. **Temas em voz profissional**. São Paulo: Revinter, 2007. p.23-30.
- COSTA, S; CORREIA, S; FALCÃO, H; ALMEIDA, F. **O uso da entropia na discriminação de vozes patológicas**. II congresso de pesquisa e inovação da rede norte nordeste de educação tecnológica João Pessoa (PB), 2007.
- CUKIER, S; CAMARGO, Z. Abordagem da qualidade vocal em um falante com deficiência auditiva: aspectos acústicos relevantes do sinal de fala: **Revista CEFAC**. v.1, n.7, p. 93-101, 2005.
- DE KROM, G. A cepstrum-based technique for determining a harmonics-tonoise ratio in speech signals. **Journal of Speech Language and Hearing Research**. v. 36, p: 254-266, 1993.
- DEJONCKERE, P.H.; WIENEKE, G.H. Cepstral of normal and pathological voices: correlation with acoustic, aerodynamic and perceptual data. In: Ball MJ & Duckworth M. editors. **Advances in clinical phonetics**. Amsterdam: John Benjamins; 1996. p. 217-226.
- DELGADO, J; et al. Análisis acústico de la voz: medidas temporales, espectrales y cepstrales en la voz normal con el Praat en una muestra de hablantes de español. **Revista de investigacion en logopedia**, v. 7, n. 2, p. 108-127, 2017.
- DELGADO-HERNÁNDEZ, J; et al. Análisis cepstral de la voz normal y patológica en adultos españoles. Medida de la Prominencia del Pico Cepstral Suavizado en vocales sostenidas versus habla conectada. **Acta Otorrinolaringológica Española**, v. 69, n. 3, p. 134-140, 2018.
- DINVILLE, C. **A técnica da voz cantada**. 2. ed. Rio de Janeiro: Enelivros, 1993.
- DROGUETT, Y.G. Aplicaciones clínicas del análisis acústico de la voz. **Rev. Otorrinolaringol. Cir. Cabeza Cuello, Santiago**, v. 77, n. 4, p. 474-483, dic. 2017.
- DUCKWORTH, M.; MCDUGAL, K.; DE JONG, G.; SHOCKEY, L. Improving the consistency of formant measurement. In: **Journal of Speech Language and Hearing Research**., v. 18.1, p. 35-5, 2011.

ECHTERNACH, M.; BIRKHOLZ, P.; TRASER, L; FLÜGGE, T.V.; et al. Articulation and vocal tract acoustics at soprano subject's high fundamental frequencies. **The Journal of the Acoustical Society of America**, v.137, p. 2586, 2015.

ECHTERNACH, M; BURK, F; BURDUMY, M; TRASER, L; RICHTER, B. Morphometric Differences of Vocal Tract Articulators in Different Loudness Conditions in Singing. **PLOS ONE**. v.20, p.1-17, 2016. DOI: 10.1371/journal.pone.0153792.

ERICKSON, M.L. The Interaction of Formant Frequency and Pitch in the Perception of Voice Category and Jaw Opening in Female Singers. **Journal of Voice**. v. 18, n.1, p. 24-37, 2004.

FANT, G. A note on vocal tract size factors and non-uniform F-pattern scalings. **Speech Transmission Laboratory. Quarterly Progress and Status Reports**; v.7, n. 4, p. 22-30, 1966.

FAZITO, L.T; PERIM, J.V; DI NINNO, C.Q.M.S. Comparação das queixas alimentares de idosos com e sem prótese dentária. **Rev CEFAC.**, v.6, p.143-50, 2004.

FECHINE, J. M. **Reconhecimento Automático de Identidade Vocal Utilizando Modelagem Híbrida: Paramétrica e Estatística**. 2000. 237 f. (Tese de Doutorado) Universidade Federal da Paraíba.

FERGUSON, S; KENNY, D.T; CABRERA, D. Effects of training on time-varying spectral energy and sound pressure level in nine male classical singers. **Journal of Voice**; v.24, n.1, p: 39-46, 2010.

FREITAS, S.V. **A relação entre a avaliação acústica e perceptual na caracterização de vozes patológicas**. 2010. (Tese de doutorado de engenharia biomédica). Porto: Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.

FUKUYAMA, E.E. Análise acústica da voz captada na faringe próximo à fonte glótica através de microfone acoplado ao fibrolaringoscópio. **Revista Brasileira de Otorrinolaringologia**. v.67, n. 6, p. 776-786, 2001.

GARCÍA-LÓPEZ, I; BOUZAS, J.G. The singing voice. **Acta Otorrinolaringol Esp**. v. 61, n.6, p. 51-441, 2010.

GAVA JUNIOR, W; FERREIRA, L.P; ANDRADA E SILVA, M.A. Apoio respiratório na voz cantada: perspectiva de professores de canto e fonoaudiólogos. **Rev. CEFAC**. 12, 2010

GELARDI, M.; GIUDICE, A.M.; DEL CASSANO, F.C.M.; et al. A faringometria acústica: correlações clínico-instrumentais nos distúrbios do sono. **Revista Brasileira de Otorrinolaringologia**; v. 73 n. 2, p. 257-265, 2007.

GELZINIS, A.; VERIKAS, A.; BACAUSKIENE, M. Automated speech analysis applied to laryngeal disease categorization. **Computer Methods and Programs in Biomedicine Journal**. v. 91, p.36-47, 2008.

GOMES, M. L.C; CARNEIRO, D.O; DRESCH, A.A.G. Análise perceptiva e acústica em fonética forense: uma pesquisa em disfarce de voz. **Domínios de Linguagem**, v. 10, n. 2, p. 559-589, 2016.

GRAF, S.; SCHWIEBACHER, J.; RICHTER, L.; BUCHBERGER, M.; ADACHI, S.; MASTNAK, W. et al. Adjustment of Vocal Tract Shape via Biofeedback: Influence on Vowels. **Journal of Voice**, v. 34, n.3, pp. 335–345, 2018.

GREGIO, F. N. **Configuração do Trato Vocal Supraglótico na Produção das Vogais do Português Brasileiro: Dados de Imagens de Ressonância Magnética**. 2006. Dissertação (Mestrado em linguística aplicada e estudos da linguagem) - Pontifícia Universidade Católica de São Paulo- PUC. São Paulo.

GREPL, M.; FURST, T.; PESAK, J. The F1-F2 vowel chart for Czech whispered vowels a, e, i, o, u. **Biomed Pap Med Fac Univ Palacky Olomouc Czech Repub**, v. 151, n. 2, p. 353-6, Dec 2007.

GUSMÃO, C. S. **O formante do cantor e os ajustes laríngeos e supralaríngeos em cantores barítonos: Uma Investigação Acústica e Fibronasolaringoscópica**. 2014. Dissertação (Mestrado em música) - Escola de Música da Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG. Minas Gerais.

GUSMÃO, C. S; CAMPOS, P.H; MAIA, M.E.O. **O formante do cantor e os ajustes laríngeos utilizados para realizá-lo: uma revisão descritiva**. Revista Acadêmica de Música. v. 21, p. 43-50, 2010.

HANAMITSU, M.; KATAOKA, H. Effect of Artificially Lengthened Vocal Tract on Vocal Fold Oscillation's Fundamental Frequency. **Journal of Voice**, v. 18, n. 2, p: 169–175, 2004.

HEMAN-ACKAH, Y.D.; HEUER, R.J.; MICHAEL, D.D. et al. Cepstral peak prominence: a more reliable measure of dysphonia. **Journal of Speech Language and Hearing Research**. v.112, p: 324-333, 2003.

HEMAN-ACKAH, Y.D.; MICHAEL, D.D. AND GODING, G.S. The relationship between cepstral peak prominence and selected parameters of dysphonia. **Journal of Voice**. v.16, p:20-27, 2002.

HERBST, C. T. A Review of Singing Voice Subsystem Interactions —Toward an Extended Physiological Model of “Support”. **Journal of Voice**, v. 31, n. 2, 2017.

HILLENBRAND, J.; HOUDE, R. A. Acoustic correlates of breathy vocal quality: Dysphonic voices and continuous speech. **Journal of Speech Language and Hearing Research**. v. 39, n. 2, p: 311–321, 1996.

HOFFSTEIN, V.; FREDBERG, J.J. The acoustic reflection technique for non invasive assessment of upper airway area. **European Respiratory Journal**; v.4, n.5, p.602-611,1991.

HUANG, X.; ACERO, A.; HON, H. W. **Spoken Language Processing**. PrenticeHall PTR, 2001.

HUTCHINS, S.; PERETZ, I. A frog in your throat or in your ear? Searching for the causes of poor singing. **Journal of Experimental Psychology**, v. 141, n. 1, 76 –97, 2012.

JACOBS, D.D. S. Corpo Vocal, Gênero e Performance. **Revista Brasileira de Estudos da Presença [Brazilian Journal on Presence Studies]**, v. 7, n. 2, p. 359-381, 2017.

KAMAL I. Normal standart curve for acoustic pharyngometry. **Otolaryngol Head Neck Surg**, v.124, n. 3, p. 323-30, 2001.

KENT, R.D. Vocal tract acoustics. **Journal of Voice**; v.7, n. 2, p.97-117, 1993.

KENT, R.D.; READ, C. Análise acústica da fala. Trad: Meireles, A.R. São Paulo: Cortez Editora, 2015, 504p.

KRIK, V. M; RIBEIRO, V.V; SIQUEIRA, L.T.D; ROSA, M.O; LEITE, A.P.D. Análise acústica da voz: comparação entre dois tipos de microfones. **Audiol., Commun. Res.**, São Paulo, v. 24, e2113, 2019.

LAVER, J. **Principles of phonetics**. New York: Cambridge University Press; 1994, p.13-158.

LEE, S.H.; YU, J.F.; HSIEH, Y.H.; LEE, G.S. Relationships between formant frequencies of sustained vowels and tongue contours measured by ultrasonography. **American Journal of Speech-Language Pathology**; v. 24, n. 4, p. 739-49, 2015.

LEINO, T.; LAUKKANEN, A.M.; RADOLF, V. Formation of the actor's/speaker's formant: A study applying spectrum analysis and computer modeling. **Journal of Voice**; v. 25, n. 2, p. 8-150, 2010.

LINDBLOM, B.E.; SUNDBERG, J.E. Acoustical consequences of lip, tongue, jaw, and larynx movement. **Journal of the Acoustical Society of America**; v. 50, n.4, p. 1166-79, 1971.

LOIOLA, CM. Canto popular e erudito: características vocais, ajustes do trato vocal e desempenho profissional. 2013. 108 f. Tese (Doutorado) - Curso de Fonoaudiologia, Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, São Paulo, 2013. Disponível em: <https://tede2.pucsp.br/handle/handle/11959>. Acesso em: 23 nov. 2021.

LOPES, L. W; ALVES, G.Â.S; MELO, M.L. Evidência de conteúdo de um protocolo de análise espectrográfica. **Revista CEFAC**, São Paulo, v. 19, n. 4, p. 510-528, Aug. 2017.

LOPES, L.W.; NASCIMENTO, A.J.; SILVA, E.D.; PEREIRA, F.F.; et al. Acurácia das medidas acústicas tradicionais e formânticas na avaliação da qualidade vocal. **CoDAS**, São Paulo, v. 30, n. 5, 2018.

LOWELL, S.Y; KELLEY, R.T; AWAN, S.N; COLTON, R.H; CHAN, N.H. Spectral-and cepstral-based acoustic features of dysphonic, strained voice quality. **Ann Otol Rhinol Laryngol**. v. 121, n.8, p. 48-539,2012.

MAGRI, A.; STAMADO, T.; CAMARGO, Z.A. Influência da largura de banda de formantes na qualidade vocal. **Revista CEFAC**; v.11, n.2, p. 296-304, 2009.

MAGRI, A; CUKIER-BLAJ, S; KARMAN, D.F; CAMARGO, Z.A. Correlatos perceptivos e acústicos dos ajustes supraglóticos nadisfonia. **Revista CEFAC**. São Paulo. v. 9 n.4. Oct/Dec, 2007.

MAHALINGAM, S; BOOMINATHAN, P; ARUNACHALAM, R; VENKATESH, L; SRINIVAS, S. Cepstral Measures to Analyze Vocal Fatigue in Individuals With Hyperfunctional Voice Disorder. **Journal of Voice**. v. 35, n. 6, 815-821, 2021.

MAINKA, A.; POZNYAKOVSKIY, A.; PLATZEK I.; Fleischer M, Sundberg J, Mürbe D. Lower Vocal Tract Morphologic Adjustments Are Relevant for Voice Timbre in Singing. **PLoS ONE**, v.10, n.17, p. 1-19, 2015.

MARIZ, J. **Entre a expressão e a Técnica: A Terminologia do Professor de Canto - Um estudo de caso em Pedagogia Vocal de Canto Erudito e Popular no eixo Rio - São Paulo** [tese de doutorado]. São Paulo: UNESP, 2013.

MARTER, S. **Análise acústica e perceptivo-auditiva da voz de atores e não atores masculinos: Long term average spectrum e o "formante do ator"**. 2005, 148 f. Tese (Doutorado em distúrbios da comunicação humana) - Escola Paulista de Medicina, Universidade Federal de São Paulo, São Paulo.

MARYN, Y.; ROY, N.; DE BODT, M.; VAN CAUWENBERGE, P.; CORTHALS, P., Acoustic measurement of overall voice quality: a meta-analysis **Journal of the Acoustical Society of America**. v.126, p: 2619-2634, 2009.

MARYN, Y.; WEENINK, D. Objective dysphonia measures in the program Praat: smoothed cepstral peak prominence and acoustic voice quality index. **Journal of Voice**, v. 29, n. 1, p. 35-43, 2015.

MCHENRY, M.; EVANS, J.; POWITZKY, E. Singers' phonation threshold pressure and ratings of self-perceived effort on vocal tasks. **Journal of Voice**, v. 27, n. 3, p. 295-298, 2013.

MEHTA, D.D.; HILLMAN, R.E. Voice assessment: updates on perceptual, acoustic, aerodynamic and endoscopic imaging methods. **Current Opinion in Otolaryngology Head and Neck Surgery**. v.16, p:211-15, 2008.

MELO, C.G.F. **Análises perceptivo-auditiva e acústica de vozes de cantores líricos pré- e pós-aquecimento vocal**. 2015. Dissertação (Mestrado em música) - Escola de Música da Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG. Minas Gerais.

MOERS, C.; MOBIUS, B.; ROSANOWSKI, F.; NOTH, E.; et al. Vowel- and Text-Based Cepstral Analysis of Chronic Hoarseness. **Journal of Voice**.v. 26, n. 4, p. 416-424, 2012.

MOLFENTER M. The reliability of oral and pharyngeal dimensions captured with acoustic pharyngometry. **Dysphagia**, v.31, n.4, p.555-559, June 2016.

MORETI, F.; ZAMBON, F.; OLIVEIRA, G.; et al. Cross-cultural adaptation, validation, and cutoff values of the Brazilian version of the voice symptom scale-VoiSS. **Journal of Voice**; v. 28, n.4, p.458-468, 2014.

OLIVEIRA, I.B. Avaliação fonoaudiológica da voz: reflexões sobre conduta, com enfoque à voz profissional. In: Ferreira LP, Befi-Lopes DM, Limongi SCD. **Tratado de Fonoaudiologia**. São Paulo: Roca; 2004.

PEREIRA, J. C.; MONTAGNOLI, A. N. **Análise acústica do sinal de voz**. Apostila do Curso de análise acústica de voz da Escola de Engenharia de São Carlos - Universidade de São Paulo - Campus de São Carlos, 1999.

PETERSON, E.A.; ROY, N.; AWAN, S.N.; MERRILL, R.M.; BANKS, R.; TANNER, K. Toward Validation of the Cepstral Spectral Index of Dysphonia (CSID) as an Objective Treatment Outcomes Measure. **Journal of Voice**, v. 27, n. 4, p. 401-410, 2013.

PHYLAND, D.J. **The impact of vocal load on the vocal function of professional music theatre singers** [PhD thesis]. Australia: Monash University; 2014.

PONTES, P. A. L.; VIEIRA, V. P.; GONÇALVES, M. I. R.; PONTES, A. A. L. Características das vozes roucas, ásperas e normais: análise acústica espectrográfica comparativa. **Revista Brasileira de Otorrinolaringologia**. v. 68, n. 2, p. 182-8, 2002.

PUTNOKI, D.S; OLIVEIRA G; HARA, F; BEHLAU, M. Qualidade de vida em voz: o impacto de uma disfonia de acordo com gênero, idade e uso vocal profissional. **Revista Sociedade Brasileira de Fonoaudiologia**, v. 15, p.90-485, 2010

QI, Y.; HILLMAN, R.E. Temporal and spectral estimations of harmonics-to-noise ratio in human voice signals. **Journal of the Acoustic Society of America**. v.102, p: 537-543, 1997.

RAVINDRAN, G.; SHENBAGADEVI, S.; SALAI SELVAM V. Cepstral and linear prediction techniques for improving intelligibility and audibility of impaired speech. **J. Biomedical Science and Engineering**; p. 85–94, 2010.

REID, K.L.P; DAVIS, P; OATES, J; et al. The acoustic characteristics of professional opera singers performing in chorus versus solo mode. **Journal of voice**. v. 21, n. 1,p. 35-45, 2007.

ROERS, F.; MÜRBE, D.; SUNDBERG, J.; et al.Voice classification and vocal tract of singers: A study of x-ray images and morphology. **The Journal of the Acoustical Society of America** v.125, n.1, p. 12-503, 2009.

SANTOS, M.O. **Análise Acústica de Desvios Vocais Infantis utilizando a Transformada Wavelet**. 2015. (Dissertação de Mestrado pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba. João Pessoa.

SANTOS, R. **Avaliação de paciente com paralisia unilateral das pregas vocais**. 2009 (dissertação de mestrado). Seção Autônoma de Ciências da Saúde da Universidade de Aveiro, Aveiro.

SATALOFF, R.T. **Vocal health and pedagogy: advanced assessment and treatment**. 2nd ed. San Diego: Plural publishing; 2006, p.17-33.

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

SIDELL, R.; FREDBERG, J.J. Non invasive inference of airway network geometry from broadband lung reflection data. **J Biomech Eng**, v.100, p.131-138, 1978.

SILVA, C.I.G.S. **Modificação da via aérea superior com uso de CPAP**: avaliação por faringometria acústica em apneicos graves e roncadores simples. 2014. (Tese de doutorado) Faculdade de Medicina, da Universidade de São Paulo, São Paulo.

SILVA, J.M.S.; GOMES, A.O.C.; SILVA, H.J.; VASCONCELOS, S.J.; CORIOLANO, M.G.W.S.; LIRA, Z.S. Effect of Resonance Tube Technique on Oropharyngeal Geometry and Voice in Individuals with Parkinson's Disease. **Journal of Voice**, v.35, n. 5, p. 807.e25-807.e32, 2021.

STONE, R.E (Ed) Jr.; CLEVELAND, T. F.; SUNDBERG, J. Formant frequencies in country singer's speech and singing. **Journal of Voice**. v.13, n.2, p: 161-167, 1999.

SUJITHA, P.S.; PEBBILI, G.K. Cepstral Analysis of Voice in Young Adults. **Journal of Voice**, v.36, n.1, p. 43-49, 2022.

SUNDBERG, J. Articulatory interpretation of the singing formant. **Journal of the Acoustical Society of America**; v. 55, n. 4, p. 838-844, 1974.

SUNDBERG, J. Vocal Tract Resonance. In: Sataloff RT. Eds. **Professional voice: The science and Art of clinical care**. New York: Raven Press Ltd.; p. 49-68, 1991

SUNDBERG, J. **Ciência da Voz na Fala e no Canto**. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2015.

TOKUHARA, L.; BISPO, B.; DAJER, M.; THEODORO, E.; et al. “**Avaliação de Capacidade Discriminante de Distribuições da Proeminência do Pico Cepstral para Identificar Nódulos Vocais**. XXXVII Simpósio Brasileiro de Telecomunicações e Processamento de Sinais – SBrT. Petrópolis, RJ, 2019.

TRAGTENBERG, L. Aspectos da Técnica Vocal Espanhola no Brasil. **Rebento**, n. 10, p. 46-58, 2019.

TRASER, L; BURDUMY, M; RICHTER, B; VICARI, M; ECHTERNACH, M. The Effect of Supine and Upright Position on Vocal Tract Configurations During Singing—A Comparative Study in Professional Tenors. **Journal of Voice**. v. 27, n.2, p. 8- 141, 2013.

TRIBOLET, J. M. **Seismic Applications of Homomorphic Signal Processing**, Englewood Cliffs, New Jersey: Prentice Hall, 1979

VALENÇA, E.; SALVATORI, R.; SOUZA, A.H.; OLIVEIRA-NETO, L.A; et al. Voice Formants in Individuals With Congenital, Isolated, Lifetime Growth Hormone Deficiency **Journal of Voice**; v. 30, n. 3, p. 281-6, May 2016.

VALENTIM, A. F.; CÔRTEZ, M. G.; GAMA, A. C. C., Análise espectrográfica da voz: efeito do treinamento visual na confiabilidade da avaliação. **Revista Sociedade Brasileira de Fonoaudiologia**. São Paulo, v. 15, n. 3, p. 335-342, 2010.

VIEIRA, M.N. **Uma introdução à acústica da voz cantada. In: I Seminário Música, Ciência e Tecnologia.** 2004, São Paulo. AcMUS – *I Seminário Música, Ciência e Tecnologia*, 2004. v.1 p. 70-79.

VIEIRA, V.P.; GONÇALVES, M.I.R.; PONTES, P.; PONTES, A.L. Características das vozes roucas ásperas e normais: análise acústica espectrográfica comparativa. **Revista Brasileira de Otorrinolaringologia**; v. 68, n. 2, p. 182-8, 2002.

VORPERIAN, H.K.; KURTZWEIL, S.L.; FOURAKIS, M.; Kent RD, Tillman KK, Austin D. Effect of body position on vocal tract acoustics: Acoustic pharyngometry and vowel formants. **Journal of the Acoustical Society of America**; v.138, n.2, p.833-845, 2015.

WAN, P.; HUANG, Z.; ZHENG, Q. Acoustic elementary research on voice resonance of Chinese population. **Lin Chung Er Bi Yan HouTou Jing Wai Ke Za Zhi**, v. 24, n. 6, p. 250-2, Mar 2010.

WATTS, CR; AWAN SN. Use of spectral/cepstral analyses for differentiating normal from hypofunctional voices in sustained vowel and continuous speech contexts **Journal of Speech Language and Hearing Research**, V.54, n.6, p.37-1525, 2011.

WOLFE, V. I.; MARTIN, D. P.; PALMER, C. I. Perception of dysphonic voice quality by naive listeners”, **Journal of Speech Language and Hearing Research**. 43, 697-705, 2000.

XUE, S.A.; HAO, J.G. Normative Standards for Vocal Tract Dimensions by Race as Measured by Acoustic Pharyngometry. **Journal of Voice**, v. 20, n. 3, p. 391–400, 2006.

YAN, N.; NG, M.L.; MAN, M.K.; et al. Vocal tract dimensional characteristics of professional male and female singers with different types of singing voices. **International Journal of Speech-Language Pathology**, v.15, n.5, p. 484–49, 2013.

YAMAZAKI, R.; MADAZIO, G.; LEÃO, S.H.S.; PADOVANI, M.; AZEVEDO, R.; BEHLAU, M. Auditory-perceptual Evaluation of Normal and Dysphonic Voices Using the Voice Deviation Scale. **Journal of Voice**, v. 31, n.1, p. 67-71.

ZWETSCH, I. C.; FAGUNDES, R. D. R; RUSSOMANO, T. E, SCOLARI, D. Processamento digital de sinais no diagnóstico diferencial de doenças laríngeas benignas. **Scientia Medica**, Porto Alegre: PUCRS, v. 16, n. 3, jul. /set. 2006.

APÊNDICE A - CARTA DE ANUÊNCIA COM AUTORIZAÇÃO DE USO DE DADOS DO LABORATÓRIO DE VOZ

LABORATÓRIO DE VOZ

CARTA DE ANUÊNCIA COM AUTORIZAÇÃO PARA USO DE DADOS

Declaramos para os devidos fins, que aceitaremos a pesquisadora Giselle Frutuoso do Nascimento, a desenvolver o seu projeto de pesquisa **RELAÇÕES DA GEOMETRIA OROFARÍNGEA COM PARÂMETROS FORMÂNTICOS E CEPSTRAIS DE CANTORES**, que está sob a orientação da Profa. **Adriana de Oliveira Camargo Gomes**, cujo objetivo é analisar a relação dos parâmetros formânticos e cepstrais com a geometria orofaríngea de cantores com e sem sintomas vocais. Nesta Instituição, **cederemos o acesso as informações do banco de dados da pesquisa intitulada: Efeito imediato do lax vox em cantores: análise da geometria orofaríngea**, aprovada no Comitê de Ética em pesquisa com seres humanos do Centro de Ciências da Saúde da Universidade Federal de Pernambuco, sob nº de parecer 2.524.984, desenvolvida entre 2018 e 2019, os dados encontram-se no laboratório de voz, armazenados no computador em arquivos em formato de planilha eletrônica sob responsabilidade da professora **Adriana de Oliveira Camargo Gomes**, contendo informações de 33 cantores, referentes à idade, sexo, gravações da voz da vogal /a/, /e/ e as medidas de área, volume e comprimento da região orofaríngea. Tais dados serão disponibilizados para serem utilizados na referida pesquisa, a ser desenvolvida por Giselle Frutuoso do Nascimento.

Esta autorização está condicionada ao cumprimento do (a) pesquisador (a) aos requisitos das Resoluções do Conselho Nacional de Saúde e suas complementares, comprometendo-se o/a mesmo/a utilizar os dados pessoais dos participantes da pesquisa, exclusivamente para os fins científicos, mantendo o sigilo e garantindo a não utilização das informações em prejuízo das pessoas e/ou das comunidades.

Antes de iniciar a coleta de dados o/a pesquisador/a deverá apresentar a esta Instituição o Parecer Consubstanciado devidamente aprovado, emitido por Comitê de Ética em Pesquisa Envolvendo Seres Humanos, credenciado ao Sistema CEP/CONEP.

Recife,

/Nome/assinatura e **carimbo** do responsável pela Instituição

APÊNDICE B - CARTA DE AUTORIZAÇÃO DE USO DE DADOS DA RESPONSÁVEL PELO BANCO DE DADOS

AUTORIZAÇÃO DE USO DE ARQUIVOS/DADOS DE PESQUISA

Declaramos para os devidos fins, que cederemos à pesquisadora **Giselle Frutuoso do Nascimento**, o acesso aos arquivos de **base de dados**, referente à pesquisa intitulada: EFEITO IMEDIATO DO LAX VOX EM CANTORES: ANÁLISE DA GEOMETRIA OROFARÍNGEA, aprovada no Comitê de Ética em pesquisa com seres humanos do Centro de Ciências da Saúde da Universidade Federal de Pernambuco, sob nº de parecer 2.489.740, desenvolvida entre 2018 e 2019. **Serão cedidos os dados de 33 cantores, incluindo informações sobre idade e sexo dos participantes, além das gravações da voz das vogais /a/, /e/, fala encadeada e fala dirigida, e as medidas de área, volume e comprimento da região orofaríngea extraídas por meio da faringometria acústica**, para serem utilizados na pesquisa: RELAÇÕES DA GEOMETRIA OROFARÍNGEA COM PARÂMETROS FORMÂNTICOS E CEPSTRAIS DE CANTORES, que está sob a orientação da Profa. Dra. **Adriana de Oliveira Camargo Gomes**.

Esta autorização está condicionada ao cumprimento da pesquisadora aos requisitos das Resoluções do Conselho Nacional de Saúde e suas complementares, comprometendo-se a mesma a utilizar os dados pessoais dos participantes da pesquisa, exclusivamente para os fins científicos, mantendo o sigilo e garantindo a não utilização das informações em prejuízo das pessoas e/ou das comunidades.

Antes de iniciar a coleta de dados a pesquisadora deverá apresentar o Parecer Consubstanciado devidamente aprovado, emitido por Comitê de Ética em Pesquisa Envolvendo Seres Humanos, credenciado ao Sistema CEP/CONEP.

KELLY GREYCE SUKAR CAVALCANTI DE OLIVEIRA
(pesquisadora do projeto: Efeito imediato do Lax Vox em cantores: análise da geometria orofaríngea)

APÊNDICE C - JUSTIFICATIVA DE AUSÊNCIA DE TCLE

JUSTIFICATIVA DE AUSÊNCIA DE TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE)

Eu, Giselle Frutuoso do Nascimento, justifico a ausência da aplicação do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, do projeto de Pesquisa intitulado “RELAÇÕES DA GEOMETRIA OROFARÍNGEA COM PARÂMETROS FORMÂNTICOS E CEPSTRAIS DE CANTORES”, pelo fato de que a referida pesquisa será desenvolvida a partir de banco e dados, contendo registros de gravações da voz de 33 cantores, medidas da geometria orofaríngea e informações sobre idade e sexo que encontram-se armazenadas no Laboratório de voz do departamento de Fonoaudiologia da Universidade Federal de Pernambuco, oriundos da pesquisa intitulada: Efeito imediato do lax vox em cantores: análise da geometria orofaríngea, desenvolvida entre 2018 e 2019, com aprovação no comitê de ética e pesquisa em seres humanos sob parecer de nº2.524.984.

A necessidade de utilização do banco de dados se dá pelo atual contexto da Pandemia mundial (Covid-19), no qual o recrutamento da população do estudo para coleta dessas informações acarretaria em riscos aos pesquisadores e participantes.

A coleta desses dados para fins de pesquisa científica, será feito somente após aprovação desse Projeto de Pesquisa pelo Comitê de Ética. Informo também, que o sigilo das informações levantadas está assegurado pelo Termo de Compromisso e Confidencialidade, o qual garante que estas informações não serão divulgadas fora deste projeto, além disso atesto o conhecimento da Resolução 466/12 sobre os casos de dispensa do TCLE.

Recife, 01 de Outubro de 2020

Pesquisadora

APÊNDICE D - TUTORIAL DE EXTRAÇÃO DAS MEDIDAS ACÚSTICAS NO SOFTWARE PRAAT

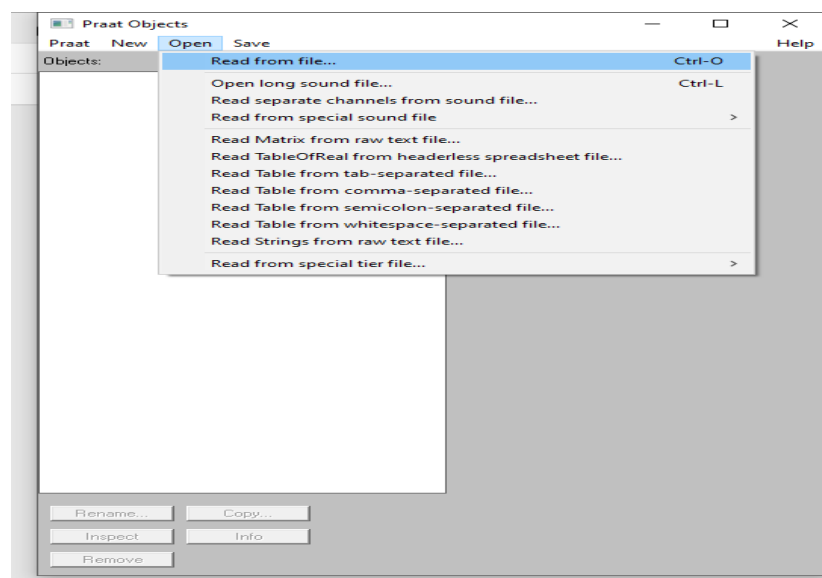
Tutorial de extração das medidas acústicas no software Praat

Para a extração dos formantes

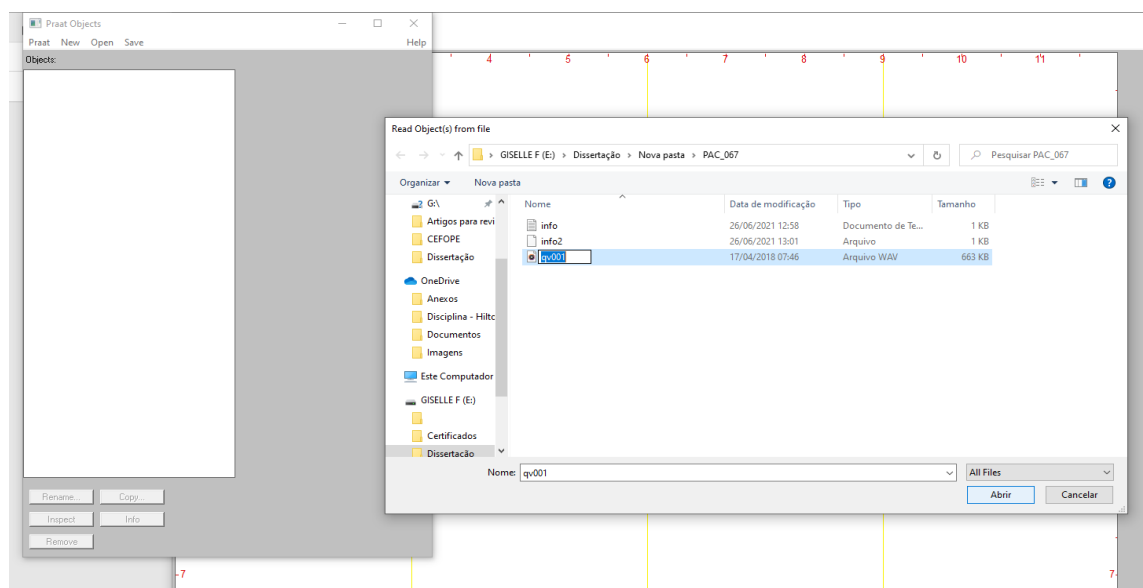
- Importando o arquivo wav:

No menu Praat Objects

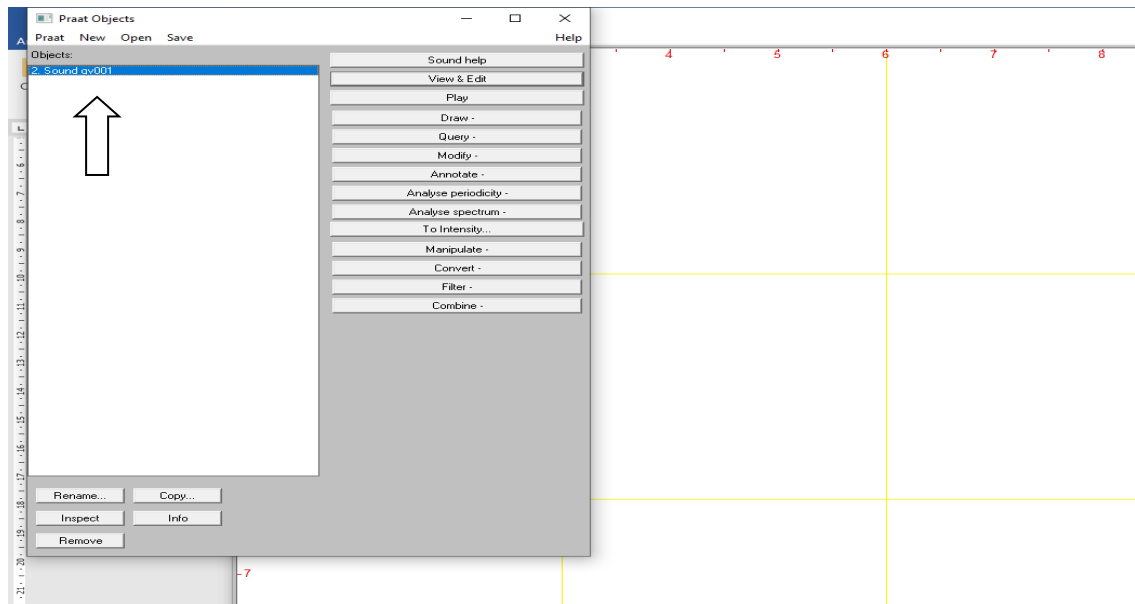
1) Open - Read from file



2) Selecionar o arquivo desejado e clica em abrir



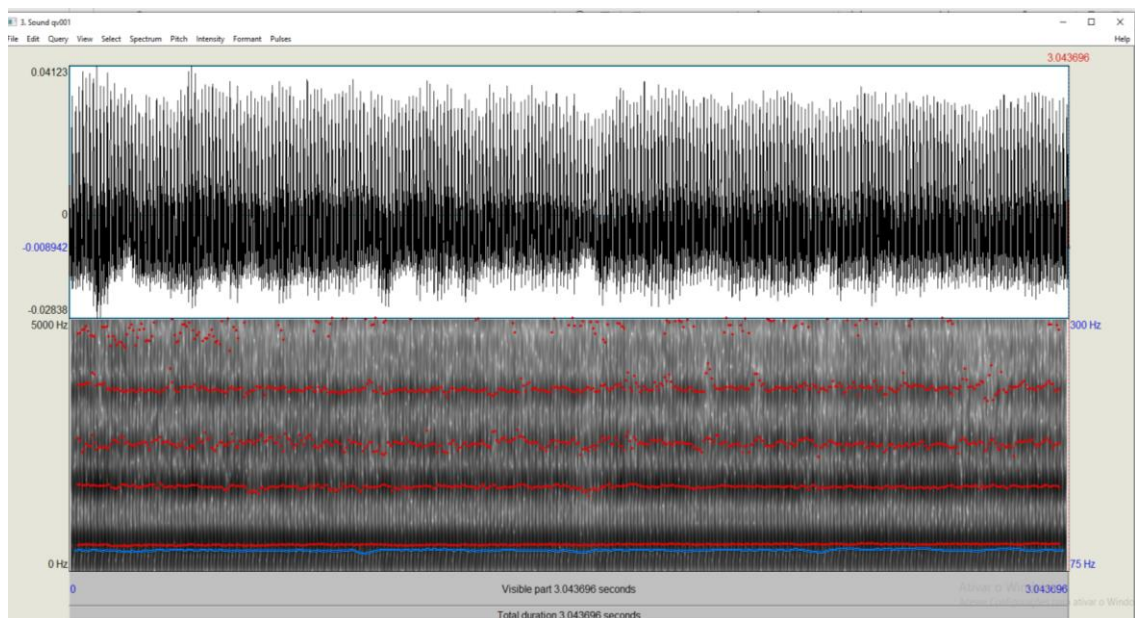
Em seguida o arquivo selecionado aparecerá na barra lateral esquerda:



- Editando o arquivo:

Na barra lateral direita, seleciona a opção “View & Edit”

Assim que abrir uma nova janela, selecionar e cortar os segundos iniciais e finais da gravação; considerando os 3,0s centrais da emissão.



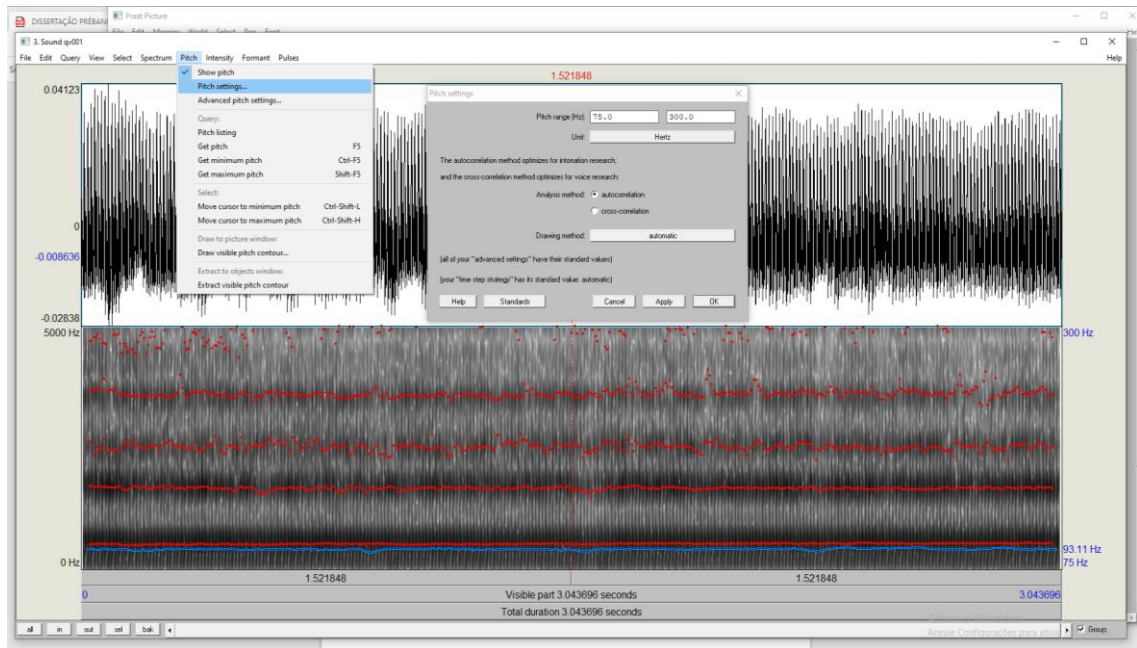
- Configurando o Pitch conforme o sexo

*Esta etapa é importante pois personaliza o eixo vertical para extração dos formantes tendo em vista que os homens possuem frequência de voz mais grave enquanto mulheres, frequência da voz mais aguda.

Ainda na opção View & Edit, seleciona-se:

1) Pitch - Pitch settings - Pitch range;

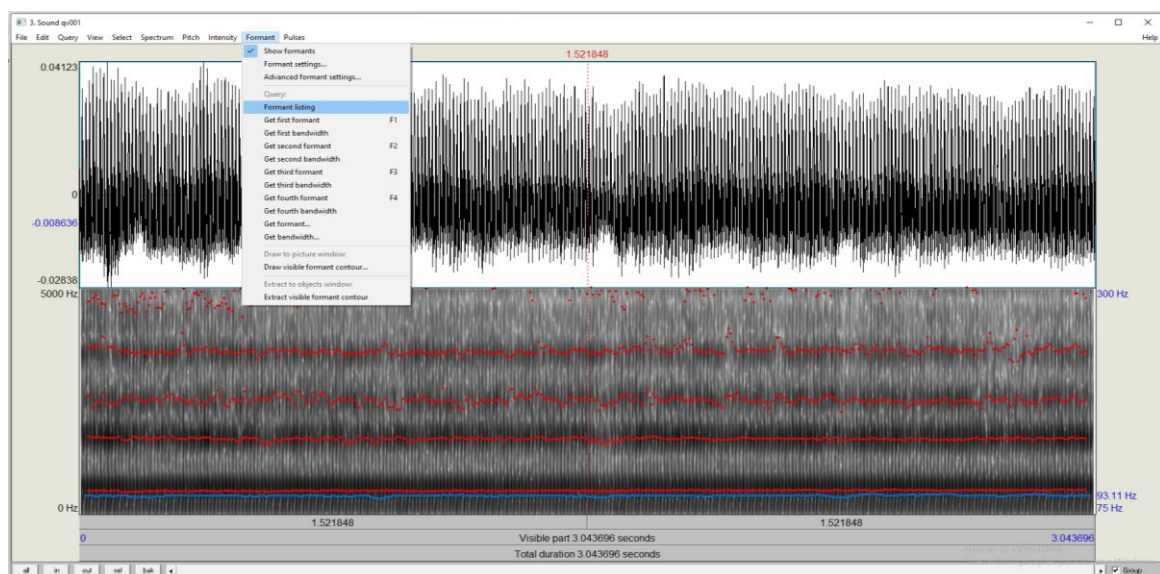
2) No eixo vertical, mantem 300 hz para vozes masculinas ou altera para 500 hz para as vozes femininas;



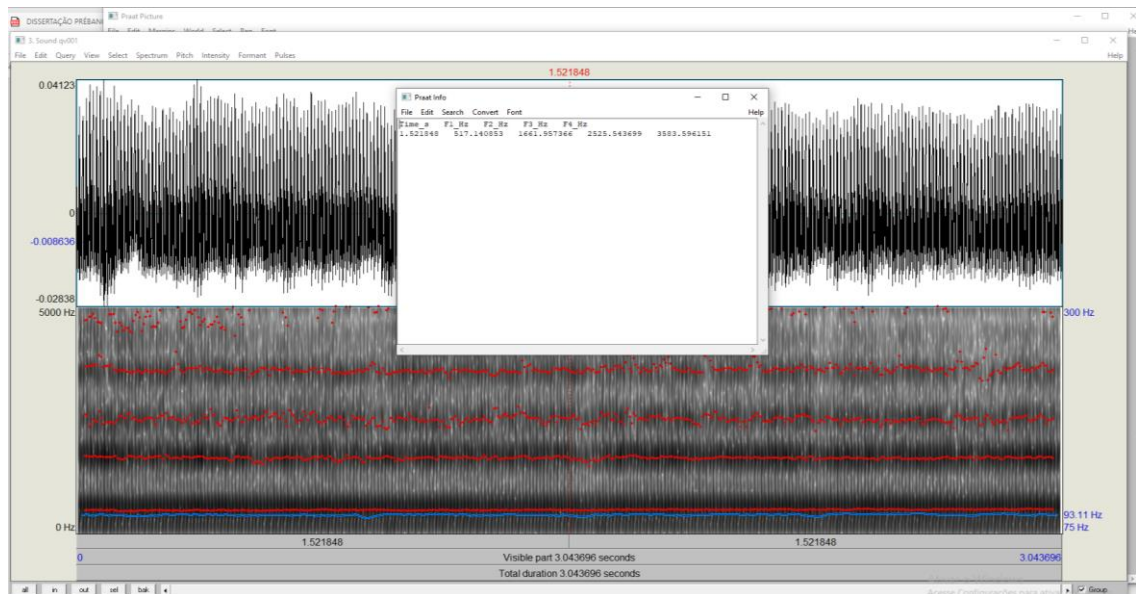
- Extraindo os valores formânticos:

1) Posicionar o cursor do mouse no centro da emissão (dos 3 segundos previamente editados)

2) Clicar na opção Formant - Formant Listing



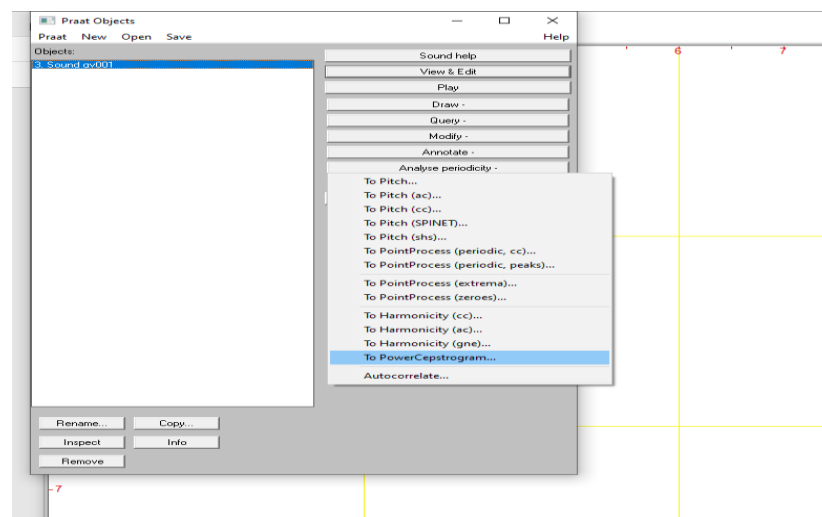
3) Serão mostrados em Hz os valores de F1, F2, F3 e F4.



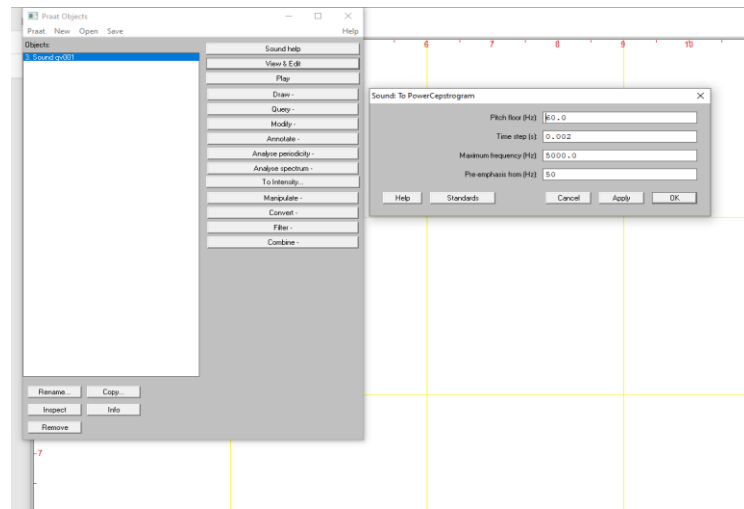
Para a Extração do cepstro

No menu Praat Objects, com o arquivo já importado, salvo e editado, seleciona-se na barra lateral direita, o menu:

Analyse Periodicity - To PowerCepstrogram

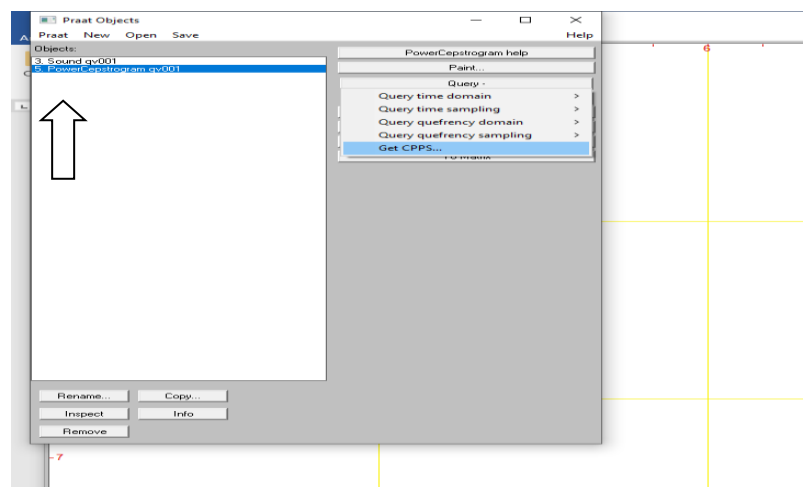


Em seguida, será aberta uma janela referente a este comando:

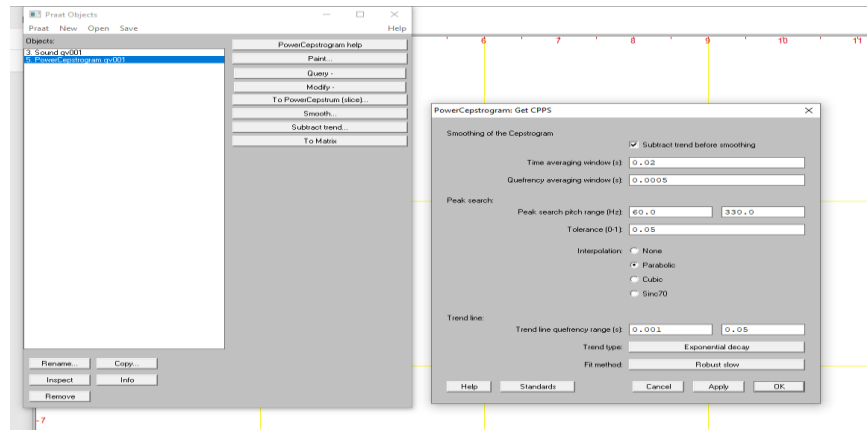


1) Ao clicar em “OK”, o arquivo de áudio será automaticamente duplicado e renomeado para PowerCeprogram_nome do arquivo

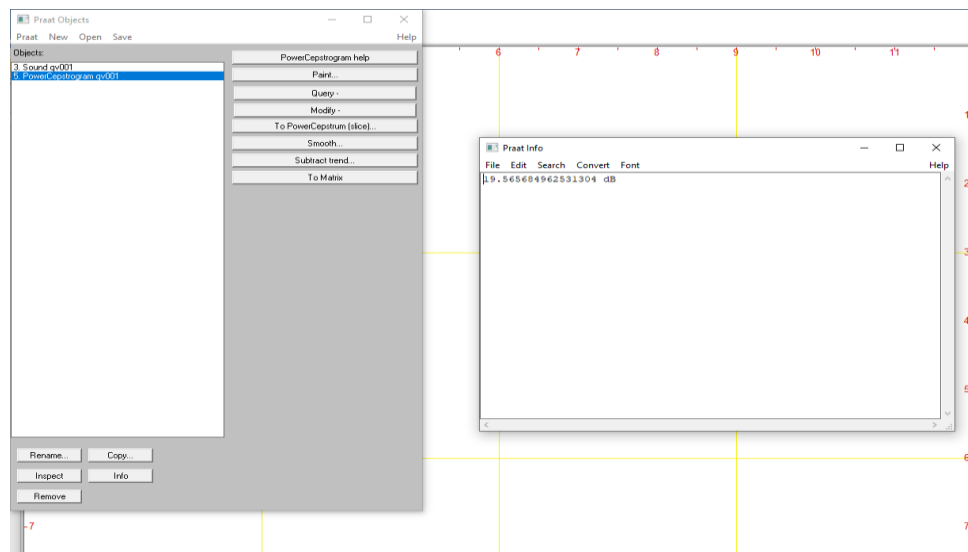
2) Mantendo esse novo arquivo selecionado, basta ir na barra lateral direita, nome Menu “QUERY - - GET CPPS”



Por fim, é gerada uma nova aba onde será alterada as configurações, mantendo os valores mostrados na figura abaixo, para garantir uma melhor qualidade na extração



4) Após configurada, ao clicar em “OK”, obtém-se a medida do CPPS em decibels



ANEXO A - NORMAS DE PUBLICAÇÃO DA REVISTA

Submission checklist

You can use this list to carry out a final check of your submission before you send it to the journal for review. Please check the relevant section in this Guide for Authors for more details.

Ensure that the following items are present:

One author has been designated as the corresponding author with contact details:

- E-mail address
- Full postal address

All necessary files have been uploaded:

Manuscript:

- Include keywords
- All figures (include relevant captions)
- All tables (including titles, description, footnotes)
- Ensure all figure and table citations in the text match the files provided
- Indicate clearly if color should be used for any figures in print

Graphical Abstracts / Highlights files (where applicable)

Supplemental files (where applicable)

Further considerations

- Manuscript has been 'spell checked' and 'grammar checked'
- All references mentioned in the Reference List are cited in the text, and vice versa
- Permission has been obtained for use of copyrighted material from other sources (including the Internet)
- A competing interests statement is provided, even if the authors have no competing interests to declare
- Journal policies detailed in this guide have been reviewed
- Referee suggestions and contact details provided, based on journal requirements

For further information, visit our [Support Center](#).



Before You Begin

Ethics in publishing

Please see our information pages on [Ethics in publishing](#) and [Ethical guidelines for journal publication](#).

Declaration of interest

All authors must disclose any financial and personal relationships with other people or organizations that could inappropriately influence (bias) their work. Examples of potential competing interests include employment, consultancies, stock ownership, honoraria, paid expert testimony, patent applications/registrations, and grants or other funding. Authors must disclose any interests in two places: 1. A summary declaration of interest statement in the title page file (if double-blind) or the manuscript file (if single-blind). If there are no interests to declare then please state this: 'Declarations of interest: none'. This summary statement will be ultimately published if the article is accepted. 2. Detailed disclosures as part of a separate Declaration of Interest form, which forms part of the journal's official records. It is important for potential interests to be declared in both places and that the information matches. [More information](#).

Submission declaration and verification

Submission of an article implies that the work described has not been published previously (except in the form of an abstract, a published lecture or academic thesis, see [Multiple, redundant or concurrent publication](#) for more information), that it is not under consideration for publication elsewhere, that its publication is approved by all authors and tacitly or explicitly by the responsible authorities where the work was carried out, and that, if accepted, it will not be published elsewhere in the same form, in English or in any other language, including electronically without the written consent of the copyright-holder. To verify originality, your article may be checked by the originality detection service [Crossref Similarity Check](#).

Use of inclusive language

Inclusive language acknowledges diversity, conveys respect to all people, is sensitive to differences, and promotes equal opportunities. Content should make no assumptions about the beliefs or commitments of any reader; contain nothing which might imply that one individual is superior to another on the grounds of age, gender, race, ethnicity, culture, sexual orientation, disability or health condition; and use inclusive language throughout. Authors should ensure that writing is free from bias, stereotypes, slang, reference to dominant culture and/or cultural assumptions. We advise to seek gender neutrality by using plural nouns ("clinicians, patients/clients") as default/wherever possible to avoid using "he, she," or "he/she." We recommend avoiding the use of descriptors that refer to personal attributes such as age, gender, race, ethnicity, culture, sexual orientation, disability or health condition unless they are relevant and valid. These guidelines are meant as a point of reference to help identify appropriate language but are by no means exhaustive or definitive.

Changes to authorship

Authors are expected to consider carefully the list and order of authors **before** submitting their manuscript and provide the definitive list of authors at the time of the original submission. Any addition, deletion or rearrangement of author names in the authorship list should be made **only before** the manuscript has been accepted and only if approved by the journal Editor. To request such a change, the Editor must receive the following from the **corresponding author**: (a) the reason for the change in author list and (b) written confirmation (e-mail, letter) from all authors that they agree with the addition, removal or rearrangement. In the case of addition or removal of authors, this includes confirmation from the author being added or removed.

Only in exceptional circumstances will the Editor consider the addition, deletion or rearrangement of authors **after** the manuscript has been accepted. While the Editor considers the request, publication of the manuscript will be suspended. If the manuscript has already been published in an online issue, any requests approved by the Editor will result in a corrigendum.

Copyright

Upon acceptance of an article, authors will be asked to complete a 'Journal Publishing Agreement' (see [more information](#) on this). An e-mail will be sent to the corresponding author confirming receipt of the manuscript together with a 'Journal Publishing Agreement' form or a link to the online version of this agreement.

Subscribers may reproduce tables of contents or prepare lists of articles including abstracts for internal circulation within their institutions. [Permission](#) of the Publisher is required for resale or distribution outside the institution and for all other derivative works, including compilations and translations. If excerpts from other copyrighted works are included, the author(s) must obtain written permission from the copyright owners and credit the source(s) in the article. Elsevier has [preprinted forms](#) for use by authors in these cases.

Author rights

As an author you (or your employer or institution) have certain rights to reuse your work. [More information](#).

Role of the funding source

You are requested to identify who provided financial support for the conduct of the research and/or preparation of the article and to briefly describe the role of the sponsor(s), if any, in study design; in the collection, analysis and interpretation of data; in the writing of the report; and in the decision to submit the article for publication. If the funding source(s) had no such involvement then this should be stated.

Open access

Please visit our [Open Access page](#) for more information.

Language (usage and editing services)

Please write your text in good English (American or British usage is accepted, but not a mixture of these). Authors who feel their English language manuscript may require editing to eliminate possible grammatical or spelling errors and to conform to correct scientific English may wish to use the [English Language Editing service](#) available from Elsevier's Author Services.

Submission

Our online submission system guides you stepwise through the process of entering your article details and uploading your files. The system converts your article files to a single PDF file used in the peer-review process. Editable files (e.g., Word, LaTeX) are required to typeset your article for final publication. All correspondence, including notification of the Editor's decision and requests for revision, is sent by e-mail.

Referees

Please submit the names and institutional e-mail addresses of several potential referees. For more details, visit our [Support site](#). Note that the editor retains the sole right to decide whether or not the suggested reviewers are used.



Preparation

Use of word processing software

It is important that the file be saved in the native format of the word processor used. The text should be in single-column format. Keep the layout of the text as simple as possible. Most formatting codes will be removed and replaced on processing the article. In particular, do not use the word processor's options to justify text or to hyphenate words. However, do use bold face, italics, subscripts, superscripts etc. When preparing tables, if you are using a table grid, use only one grid for each individual table and not a grid for each row. If no grid is used, use tabs, not spaces, to align columns. The electronic text should be prepared in a way very similar to that of conventional manuscripts (see also the [Guide to Publishing with Elsevier](#)). Note that source files of figures, tables and text graphics will be required whether or not you embed your figures in the text. See also the section on Electronic artwork.

To avoid unnecessary errors you are strongly advised to use the 'spell-check' and 'grammar-check' functions of your word processor.

Article structure

Subdivision - numbered sections

Divide your article into clearly defined and numbered sections. Subsections should be numbered 1.1 (then 1.1.1, 1.1.2, ...), 1.2, etc. (the abstract is not included in section numbering). Use this numbering also for internal cross-referencing: do not just refer to 'the text'. Any subsection may be given a brief heading. Each heading should appear on its own separate line.

Introduction

State the objectives of the work and provide an adequate background, avoiding a detailed literature survey or a summary of the results.

Material and methods

Provide sufficient details to allow the work to be reproduced by an independent researcher. Methods that are already published should be summarized, and indicated by a reference. If quoting directly from a previously published method, use quotation marks and also cite the source. Any modifications to existing methods should also be described.

Theory/calculation

A Theory section should extend, not repeat, the background to the article already dealt with in the Introduction and lay the foundation for further work. In contrast, a Calculation section represents a practical development from a theoretical basis.

Results

Results should be clear and concise.

Discussion

This should explore the significance of the results of the work, not repeat them. A combined Results and Discussion section is occasionally appropriate. Avoid extensive citations and discussion of published literature except as directly relevant to the paper.

Conclusions

The main conclusions of the study may be presented in a short Conclusions section, which may stand alone or form a subsection of a Discussion or Results and Discussion section.

Appendices

If there is more than one appendix, they should be identified as A, B, etc. Formulae and equations in appendices should be given separate numbering: Eq. (A.1), Eq. (A.2), etc.; in a subsequent appendix, Eq. (B.1) and so on. Similarly for tables and figures: Table A.1; Fig. A.1, etc.

Vitae

Submit a short (maximum 100 words) biography of each author, along with a passport-type photograph accompanying the other figures. Please provide the biography in an editable format (e.g. Word), not in PDF format.

Essential title page information

- **Title.** Concise and informative. Titles are often used in information-retrieval systems. Avoid abbreviations and formulae where possible.
- **Author names and affiliations.** Please clearly indicate the given name(s) and family name(s) of each author and check that all names are accurately spelled. You can add your name between parentheses in your own script behind the English transliteration. Present the authors' affiliation addresses (where the actual work was done) below the names. Indicate all affiliations with a lower-case superscript letter immediately after the author's name and in front of the appropriate address. Provide the full postal address of each affiliation, including the country name and, if available, the e-mail address of each author.
- **Corresponding author.** Clearly indicate who will handle correspondence at all stages of refereeing and publication, also post-publication. This responsibility includes answering any future queries about Methodology and Materials. **Ensure that the e-mail address is given and that contact details are kept up to date by the corresponding author.**
- **Present/permanent address.** If an author has moved since the work described in the article was done, or was visiting at the time, a 'Present address' (or 'Permanent address') may be indicated as a footnote to that author's name. The address at which the author actually did the work must be retained as the main affiliation address. Superscript Arabic numerals are used for such footnotes.

Abstract

A concise and factual abstract is required. The abstract should state briefly the purpose of the research, the principal results and major conclusions. An abstract is often presented separately from the article, so it must be able to stand alone. For this reason, References should be avoided, but if essential, then cite the author(s) and year(s). Also, non-standard or uncommon abbreviations should be avoided, but if essential they must be defined at their first mention in the abstract itself.

Keywords

Immediately after the abstract, provide a maximum of 6 keywords, using American spelling and avoiding general and plural terms and multiple concepts (avoid, for example, 'and', 'of'). Be sparing with abbreviations: only abbreviations firmly established in the field may be eligible. These keywords will be used for indexing purposes.

Abbreviations

Define abbreviations that are not standard in this field in a footnote to be placed on the first page of the article. Such abbreviations that are unavoidable in the abstract must be defined at their first mention there, as well as in the footnote. Ensure consistency of abbreviations throughout the article.

Acknowledgements

Collate acknowledgements in a separate section at the end of the article before the references and do not, therefore, include them on the title page, as a footnote to the title or otherwise. List here those individuals who provided help during the research (e.g., providing language help, writing assistance or proof reading the article, etc.).

Math formulae

Please submit math equations as editable text and not as images. Present simple formulae in line with normal text where possible and use the solidus (/) instead of a horizontal line for small fractional terms, e.g., X/Y. In principle, variables are to be presented in italics. Powers of e are often more conveniently denoted by exp. Number consecutively any equations that have to be displayed separately from the text (if referred to explicitly in the text).

Footnotes

Footnotes should be used sparingly. Number them consecutively throughout the article. Many word processors can build footnotes into the text, and this feature may be used. Otherwise, please indicate the position of footnotes in the text and list the footnotes themselves separately at the end of the article. Do not include footnotes in the Reference list.

Artwork

Electronic artwork

General points

- Make sure you use uniform lettering and sizing of your original artwork.
- Embed the used fonts if the application provides that option.
- Aim to use the following fonts in your illustrations: Arial, Courier, Times New Roman, Symbol, or use fonts that look similar.
- Number the illustrations according to their sequence in the text.
- Use a logical naming convention for your artwork files.
- Provide captions to illustrations separately.
- Size the illustrations close to the desired dimensions of the published version.
- Submit each illustration as a separate file.
- Ensure that color images are accessible to all, including those with impaired color vision.

A detailed [guide on electronic artwork](#) is available.

You are urged to visit this site; some excerpts from the detailed information are given here.

Formats

If your electronic artwork is created in a Microsoft Office application (Word, PowerPoint, Excel) then please supply 'as is' in the native document format. Regardless of the application used other than Microsoft Office, when your electronic artwork is finalized, please 'Save as' or convert the images to one of the following formats (note the resolution requirements for line drawings, halftones, and line/halftone combinations given below):
EPS (or PDF): Vector drawings, embed all used fonts.
TIFF (or JPEG): Color or grayscale photographs (halftones), keep to a minimum of 300 dpi.

TIFF (or JPEG): Bitmapped (pure black & white pixels) line drawings, keep to a minimum of 1000 dpi.
 TIFF (or JPEG): Combinations bitmapped line/half-tone (color or grayscale), keep to a minimum of 500 dpi.

Please do not:

- Supply files that are optimized for screen use (e.g., GIF, BMP, PICT, WPG); these typically have a low number of pixels and limited set of colors;
- Supply files that are too low in resolution;
- Submit graphics that are disproportionately large for the content.

Color artwork

Please make sure that artwork files are in an acceptable format (TIFF (or JPEG), EPS (or PDF), or MS Office files) and with the correct resolution. If, together with your accepted article, you submit usable color figures then Elsevier will ensure, at no additional charge, that these figures will appear in color online (e.g., ScienceDirect and other sites) regardless of whether or not these illustrations are reproduced in color in the printed version. **For color reproduction in print, you will receive information regarding the costs from Elsevier after receipt of your accepted article.** Please indicate your preference for color: in print or online only. [Further information on the preparation of electronic artwork.](#)

Figure captions

Ensure that each illustration has a caption. Supply captions separately, not attached to the figure. A caption should comprise a brief title (not on the figure itself) and a description of the illustration. Keep text in the illustrations themselves to a minimum but explain all symbols and abbreviations used.

Tables

Please submit tables as editable text and not as images. Tables can be placed either next to the relevant text in the article, or on separate page(s) at the end. Number tables consecutively in accordance with their appearance in the text and place any table notes below the table body. Be sparing in the use of tables and ensure that the data presented in them do not duplicate results described elsewhere in the article. Please avoid using vertical rules and shading in table cells.

References

Citation in text

Please ensure that every reference cited in the text is also present in the reference list (and vice versa). Any references cited in the abstract must be given in full. Unpublished results and personal communications are not recommended in the reference list, but may be mentioned in the text. If these references are included in the reference list they should follow the standard reference style of the journal and should include a substitution of the publication date with either 'Unpublished results' or 'Personal communication'. Citation of a reference as 'in press' implies that the item has been accepted for publication.

Web references

As a minimum, the full URL should be given and the date when the reference was last accessed. Any further information, if known (DOI, author names, dates, reference to a source publication, etc.), should also be given. Web references can be listed separately (e.g., after the reference list) under a different heading if desired, or can be included in the reference list.

Data references

This journal encourages you to cite underlying or relevant datasets in your manuscript by citing them in your text and including a data reference in your Reference List. Data references should include the following elements: author name(s), dataset title, data repository, version (where available), year, and global persistent identifier. Add [dataset] immediately before the reference so we can properly identify it as a data reference. The [dataset] identifier will not appear in your published article.

References in a special issue

Please ensure that the words 'this issue' are added to any references in the list (and any citations in the text) to other articles in the same Special Issue.

Reference management software

Most Elsevier journals have their reference template available in many of the most popular reference management software products. These include all products that support Citation Style Language styles, such as Mendeley. Using citation plug-ins from these products, authors only need to select the appropriate journal template when preparing their article, after which citations and bibliographies will be automatically formatted in the journal's style. If no template is yet available for this journal, please follow the format of the sample references and citations as shown in this Guide. If you use reference management software, please ensure that you remove all field codes before submitting the electronic manuscript. [More information on how to remove field codes from different reference management software.](#)

Data references

This journal encourages you to cite underlying or relevant datasets in your manuscript by citing them in your text and including a data reference in your Reference List. Data references should include the following elements: author name(s), dataset title, data repository, version (where available), year, and global persistent identifier. Add [dataset] immediately before the reference so we can properly identify it as a data reference. This identifier will not appear in your published article.

[dataset] 1. Oguro, M., Imahiro, S., Saito, S., Nakashizuka, T. Mortality data for Japanese oak wilt disease and surrounding forest compositions, Mendeley Data, v1; 2015. <http://dx.doi.org/10.17632/xwj98nb39r.1>.

Users of Mendeley Desktop can easily install the reference style for this journal by clicking the following link:

<http://open.mendeley.com/use-citation-style/journal-of-voice>

When preparing your manuscript, you will then be able to select this style using the Mendeley plug-ins for Microsoft Word or LibreOffice.

Reference style

Text: Indicate references by number(s) in square brackets in line with the text. The actual authors can be referred to, but the reference number(s) must always be given.

Example: '..... as demonstrated [3,6]. Barnaby and Jones [8] obtained a different result'

List: Number the references (numbers in square brackets) in the list in the order in which they appear in the text.

Examples:

Reference to a journal publication:

[1] J. van der Geer, J.A.J. Hanraads, R.A. Lupton, The art of writing a scientific article, J. Sci. Commun. 163 (2010) 51–59.

<https://doi.org/10.1016/j.Sc.2010.00372>.

Reference to a journal publication with an article number:

[2] J. van der Geer, J.A.J. Hanraads, R.A. Lupton, 2018. The art of writing a scientific article. *Heliyon*. 19, e00205.
<https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2018.e00205>.

Reference to a book:

[3] W. Strunk Jr., E.B. White, *The Elements of Style*, fourth ed., Longman, New York, 2000.

Reference to a chapter in an edited book:

[4] G.R. Mettam, L.B. Adams, How to prepare an electronic version of your article, in: B.S. Jones, R.Z. Smith (Eds.), *Introduction to the Electronic Age*, E-Publishing Inc., New York, 2009, pp. 281–304.

Reference to a website:

[5] Cancer Research UK, Cancer statistics reports for the UK. <http://www.cancerresearchuk.org/aboutcancer/statistics/cancerstatsreport/>, 2003 (accessed 13 March 2003).

Reference to a dataset:

[dataset] [6] M. Oguro, S. Imahiro, S. Saito, T. Nakashizuka, Mortality data for Japanese oak wilt disease and surrounding forest compositions, Mendeley Data, v1, 2015. <https://doi.org/10.17632/xwj98nb39r.1>.

Journal abbreviations source

Journal names should be abbreviated according to the [List of Title Word Abbreviations](#).

Video

Elsevier accepts video material and animation sequences to support and enhance your scientific research. Authors who have video or animation files that they wish to submit with their article are strongly encouraged to include links to these within the body of the article. This can be done in the same way as a figure or table by referring to the video or animation content and noting in the body text where it should be placed. All submitted files should be properly labeled so that they directly relate to the video file's content. In order to ensure that your video or animation material is directly usable, please provide the file in one of our recommended file formats with a preferred maximum size of 150 MB per file, 1 GB in total. Video and animation files supplied will be published online in the electronic version of your article in Elsevier Web products, including [ScienceDirect](#). Please supply 'stills' with your files: you can choose any frame from the video or animation or make a separate image. These will be used instead of standard icons and will personalize the link to your video data. For more detailed instructions please visit our [video instruction pages](#). Note: since video and animation cannot be embedded in the print version of the journal, please provide text for both the electronic and the print version for the portions of the article that refer to this content.

Supplementary material

Supplementary material such as applications, images and sound clips, can be published with your article to enhance it. Submitted supplementary items are published exactly as they are received (Excel or PowerPoint files will appear as such online). Please submit your material together with the article and supply a concise, descriptive caption for each supplementary file. If you wish to make changes to supplementary material during any stage of the process, please make sure to provide an updated file. Do not annotate any corrections on a previous version. Please switch off the 'Track Changes' option in Microsoft Office files as these will appear in the published version.

Research data

This journal encourages and enables you to share data that supports your research publication where appropriate, and enables you to interlink the data with your published articles. Research data refers to the results of observations or experimentation that validate research findings. To facilitate reproducibility and data reuse, this journal also encourages you to share your software, code, models, algorithms, protocols, methods and other useful materials related to the project.

Below are a number of ways in which you can associate data with your article or make a statement about the availability of your data when submitting your manuscript. If you are sharing data in one of these ways, you are encouraged to cite the data in your manuscript and reference list. Please refer to the "References" section for more information about data citation. For more information on depositing, sharing and using research data and other relevant research materials, visit the [research data page](#).

Data linking

If you have made your research data available in a data repository, you can link your article directly to the dataset. Elsevier collaborates with a number of repositories to link articles on ScienceDirect with relevant repositories, giving readers access to underlying data that gives them a better understanding of the research described.

There are different ways to link your datasets to your article. When available, you can directly link your dataset to your article by providing the relevant information in the submission system. For more information, visit the [database linking page](#).

For [supported data repositories](#) a repository banner will automatically appear next to your published article on ScienceDirect.

In addition, you can link to relevant data or entities through identifiers within the text of your manuscript, using the following format: Database: xxxx (e.g., TAIR: AT1G01020; CCDC: 734053; PDB: 1XFN).

Mendeley Data

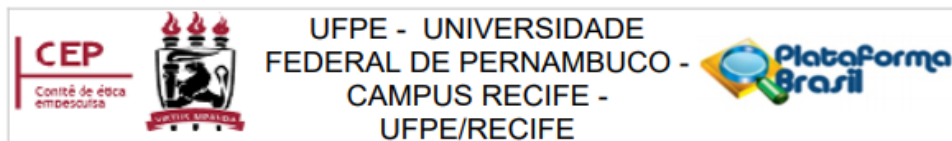
This journal supports Mendeley Data, enabling you to deposit any research data (including raw and processed data, video, code, software, algorithms, protocols, and methods) associated with your manuscript in a free-to-use, open access repository. During the submission process, after uploading your manuscript, you will have the opportunity to upload your relevant datasets directly to Mendeley Data. The datasets will be listed and directly accessible to readers next to your published article online.

For more information, visit the [Mendeley Data for journals page](#).

Data statement

To foster transparency, we encourage you to state the availability of your data in your submission. This may be a requirement of your funding body or institution. If your data is unavailable to access or unsuitable to post, you will have the opportunity to indicate why during the submission process, for example by stating that the research data is confidential. The statement will appear with your published article on ScienceDirect. For more information, visit the [Data Statement page](#).

ANEXO B- COMPROVANTE DE APROVAÇÃO NO COMITÊ DE ÉTICA



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: GEOMETRIA OROFARÍNGEA E OS PARÂMETROS FORMÂNTICOS E CEPSTRAIS DE CANTORES

Pesquisador: Adriana de Oliveira Camargo Gomes

Área Temática:

Versão: 1

CAAE: 41653220.6.0000.5208

Instituição Proponente: Universidade Federal de Pernambuco - UFPE

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 4.524.025

Apresentação do Projeto:

O projeto de pesquisa intitulado "Relações da geometria orofaríngea e os parâmetros formânticos e cepstrais de cantores" será desenvolvido pela mestrandia Giselle Frutuoso do Nascimento do Programa de Pós-graduação em Saúde da Comunicação Humana sob a orientação da professora Adriana de Oliveira Camargo Gomes e coorientação do professor Hilton Justino da Silva.

Trata-se de um estudo descritivo, retrospectivo, de abordagem quantitativa, do tipo transversal e com dados secundários. Os dados que serão utilizados para este estudo são referentes a uma pesquisa aprovada sob parecer de nº 2.489.740, desenvolvida pela pesquisadora Kelly Greyce Sukar Cavalcanti de Oliveira, no período de 2018 a 2019. A pesquisa tem por objetivo analisar a relação entre os parâmetros formânticos e cepstrais e a geometria orofaríngea de cantores. Serão selecionados os registros de cantores, com idades entre 20 e 45 anos e analisadas as amostras de vozes pelo software Praat e seus respectivos dados da geometria orofaríngea extraídos por faringometria acústica.

Objetivo da Pesquisa:

Geral: analisar a relação entre os parâmetros formânticos e cepstrais e a geometria orofaríngea de cantores.

Específicos:

Endereço: Av. da Engenharia s/nº - 1º andar, sala 4, Prédio do Centro de Ciências da Saúde

Bairro: Cidade Universitária

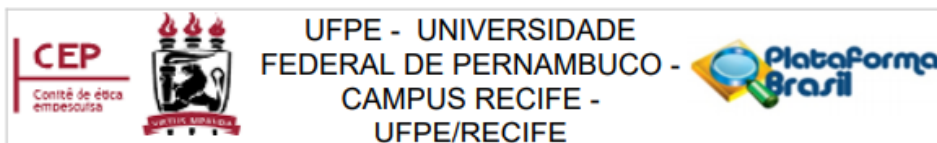
CEP: 50.740-600

UF: PE

Município: RECIFE

Telefone: (81)2126-8588

E-mail: cephumanos.ufpe@ufpe.br



Continuação do Parecer: 4.524.025

- a) Avaliar a área, volume e comprimento da cavidade orofaríngea de cantores.
- b) Avaliar os valores formânticos da voz de cantores.
- c) Avaliar as características cepstrais na voz de cantores.
- d) Relacionar os valores formânticos com a geometria orofaríngea de cantores.
- e) Relacionar as características cepstrais da voz com a área da glote de cantores.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Como riscos, por se tratar da utilização de dados secundários, pode ocorrer extravio do banco de dados e possível quebra de sigilo, contudo, a pesquisadora se compromete em garantir a confidencialidade e segurança das informações, utilizando os computadores do laboratório de pesquisa para manuseio dos dados. Caso haja necessidade de exportação do banco de dados, será feita pela própria pesquisadora, evitando o acesso por terceiros e utilizada mídia de armazenamento exclusiva para esse fim, rastreada por ferramenta de proteção antivírus. Como benefícios, os resultados contribuirão com o avanço científico, sobretudo, no entendimento da relação do trato vocal com as análises acústicas da voz nos cantores.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

Os pesquisadores apresentam como justificativa o fato de ajustes glóticos e supraglóticos combinados às características anatômicas do indivíduo são responsáveis pela caracterização da qualidade vocal e refletem diretamente sobre as medidas da frequência dos formantes. O estudo da relação entre as dimensões do trato vocal e os parâmetros acústicos espectrográficos e cepstrais podem oferecer subsídios para o diagnóstico e prognóstico das alterações vocais, além de contribuir para o aprimoramento vocal de cantores e outros profissionais da voz.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Os pesquisadores apresentaram os seguintes termos e/ou documentos exigidos pela Resolução 466/12:

- Carta de anuência com autorização para uso de dados assinada pela coordenação do laboratório de Voz do departamento de Fonoaudiologia.
- Autorização de uso de arquivos/dados de pesquisa assinado pela mestranda que estruturou o banco de dados.
- Folha de rosto assinada pela vice-coordenação do Programa de Saúde da Comunicação Humana.
- Termo de compromisso e confidencialidade assinado pela pesquisadora principal.
- Currículos dos pesquisadores envolvidos.

Endereço: Av. da Engenharia s/nº - 1º andar, sala 4, Prédio do Centro de Ciências da Saúde

Bairro: Cidade Universitária

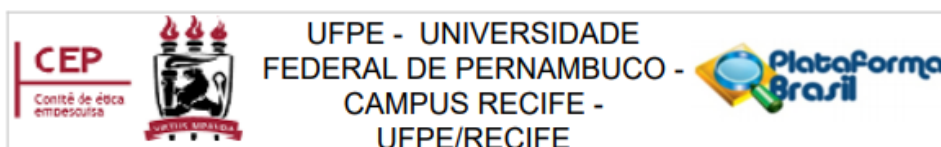
CEP: 50.740-600

UF: PE

Município: RECIFE

Telefone: (81)2126-8588

E-mail: cephumanos.ufpe@ufpe.br



Continuação do Parecer: 4.524.025

- Comprovante de matrícula vínculo da mestrandia Giselle Frutuoso do Nascimento

Recomendações:

Sem recomendações.

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Aprovado.

Considerações Finais a critério do CEP:

O Protocolo foi avaliado na reunião do CEP e está APROVADO para iniciar a coleta de dados. Informamos que a APROVAÇÃO DEFINITIVA do projeto só será dada após o envio da Notificação com o Relatório Final da pesquisa. O pesquisador deverá fazer o download do modelo de Relatório Final para enviá-lo via "Notificação", pela Plataforma Brasil. Siga as instruções do link "Para enviar Relatório Final", disponível no site do CEP/UFPE. Após apreciação desse relatório, o CEP emitirá novo Parecer Consubstanciado definitivo pelo sistema Plataforma Brasil.

Informamos, ainda, que o (a) pesquisador (a) deve desenvolver a pesquisa conforme delineada neste protocolo aprovado, exceto quando perceber risco ou dano não previsto ao voluntário participante (item V.3., da Resolução CNS/MS Nº 466/12). Eventuais modificações nesta pesquisa devem ser solicitadas através de EMENDA ao projeto, identificando a parte do protocolo a ser modificada e suas justificativas.

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_1675920.pdf	21/12/2020 16:39:16		Aceito
Folha de Rosto	folhaderosto.pdf	21/12/2020 16:38:06	Giselle Frutuoso do Nascimento	Aceito
Declaração de Pesquisadores	Curriculos_Lattes_Kelly_Greyce.pdf	15/12/2020 18:08:47	Giselle Frutuoso do Nascimento	Aceito
Declaração de Pesquisadores	Curriculos_Lattes_Zulina_Souza.pdf	15/12/2020 18:08:17	Giselle Frutuoso do Nascimento	Aceito
Declaração de Pesquisadores	Termo_compromisso.jpeg	15/12/2020 17:51:22	Giselle Frutuoso do Nascimento	Aceito
Declaração de Pesquisadores	Curriculos_Lattes_Hilton_Justino.pdf	15/12/2020 17:45:38	Giselle Frutuoso do Nascimento	Aceito

Endereço: Av. da Engenharia s/nº - 1º andar, sala 4, Prédio do Centro de Ciências da Saúde

Bairro: Cidade Universitária

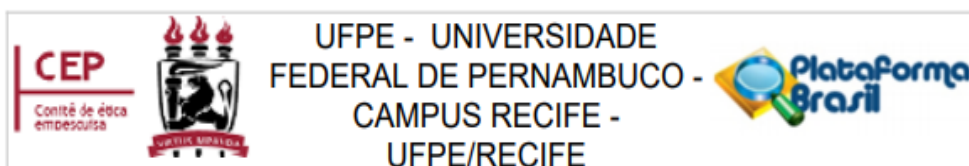
CEP: 50.740-600

UF: PE

Município: RECIFE

Telefone: (81)2126-8588

E-mail: cephumanos.ufpe@ufpe.br



Continuação do Parecer: 4.524.025

Declaração de Pesquisadores	Curriculos_Lattes_Giselle_Frutoso.pdf	15/12/2020 17:44:25	Giselle Frutoso do Nascimento	Aceito
Declaração de Pesquisadores	Curriculos_Lattes_Adriana_Camargo.pdf	15/12/2020 17:44:09	Giselle Frutoso do Nascimento	Aceito
Declaração de Pesquisadores	Matricula.pdf	15/12/2020 17:41:53	Giselle Frutoso do Nascimento	Aceito
Declaração de Pesquisadores	DeclUsoDados_Kelly.pdf	15/12/2020 17:39:57	Giselle Frutoso do Nascimento	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	Projeto.doc	15/12/2020 17:34:43	Giselle Frutoso do Nascimento	Aceito
Cronograma	CRONOGRAMA.docx	15/12/2020 17:33:37	Giselle Frutoso do Nascimento	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	Ausencia_TCLE.pdf	15/12/2020 17:29:35	Giselle Frutoso do Nascimento	Aceito
Declaração de Instituição e Infraestrutura	Anuenciusodedados.pdf	15/12/2020 17:26:14	Giselle Frutoso do Nascimento	Aceito
Orçamento	RECURSOS.docx	15/12/2020 17:20:39	Giselle Frutoso do Nascimento	Aceito

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

RECIFE, 04 de Fevereiro de 2021

Assinado por:

Gisele Cristina Sena da Silva
(Coordenador(a))