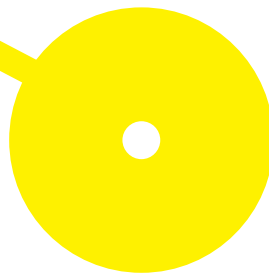




Validade concorrente de um método de avaliação da biomecânica da voz com base em análise acústica

Ana Rita Rodrigues Portela

12/2020





**ESCOLA
SUPERIOR
DE SAÚDE**



Centro de Investigação em Reabilitação
Center for Rehabilitation Research

**Validade concorrente de um método de avaliação da biomecânica da voz com base em
análise acústica**

Autor

Ana Rita Rodrigues Portela

Orientador

Pedro André Guerreiro Martins de Araújo (Prof. Doutor)

Centro de Investigação em Reabilitação / Escola Superior de Saúde / Instituto Politécnico do Porto

**Dissertação apresentada para cumprimento dos requisitos
necessários à obtenção do grau de Mestre em Terapia da Fala
pela Escola Superior de Saúde do Instituto Politécnico do Porto.**

Agradecimentos

Ao Professor Doutor André Araújo pela disponibilidade e orientação, partilha de conhecimento, pela motivação e o entusiasmo na realização desta, e de todas as investigações em que se envolve.

À Professora Doutora Sandra Alves pela disponibilidade e ajuda no tratamento estatístico.

Ao Hospital Pedro Hispano pela colaboração e permissão da recolha de dados.

A todos os participantes que aceitaram contribuir para este estudo.

Às Terapeutas da Fala que aceitaram colaborar no Painel de Peritos.

À Joana Frutuoso, que me acompanhou durante o processo, por toda a ajuda mesmo quando não tinha que o fazer, pelo suporte e pela motivação.

À Ana Raposo e à Teresa Pereira por toda a ajuda, incentivo e, sobretudo, pela amizade.

À Inês Frutuoso pela ajuda técnica na construção da página web para avaliação percetivo-auditiva dos peritos.

Ao Filipe por acreditar em mim mais do que eu mesma.

Aos meus pais, a quem dedico este trabalho, por todos os sacrifícios que fizeram, pelas oportunidades que me proporcionam e por serem o meu grande apoio.

Resumo

Na prática clínica do terapeuta da fala as análises perceptiva e acústica são as mais comuns na avaliação da voz. A avaliação da biomecânica fonatória é realizada pelo otorrinolaringologista através da examinação laríngea, sendo um método invasivo e de acesso limitado. A aplicação Online.Lab®, desenvolvida para avaliar a biomecânica fonatória com base na análise acústica do sinal vocal, mostra-se promissora. Contudo, carecem estudos que demonstrem a sua validade e fiabilidade. Pretendeu-se averiguar a validade concorrente da avaliação do Online.Lab® com referência às medidas perceptivas e acústicas mais referidas na literatura. Realizou-se um estudo observacional descritivo-correlacional. A amostra é não probabilística de conveniência, composta por 9 indivíduos de ambos os géneros, com e sem disфонia, avaliados por ORL. Analisou-se a vogal sustentada [a] com CAPE-V, análise acústica (f_0 , intensidade, *jitter*, *shimmer*, HNR, CPP, CPPS, DSI) e análise biomecânica (Online.Lab®). Os resultados foram tratados estatisticamente, obtendo-se correlações entre os parâmetros biomecânicos e as medidas perceptivas e acústicas. Os grupos relativos à duração das fases do ciclo glótico, tensão, força e eficiência do encerramento glótico mostraram resultados promissores. Nem todos os parâmetros apresentaram correlações e algumas das correlações obtidas não foram justificáveis pela literatura o que sugere necessidade de investigação sobre a validade.

Palavras-chave: fonação; validade concorrente; análise acústica; análise biomecânica; análise perceptivo-auditiva

Abstract

In Speech Therapy clinical practice, voice assessment is mostly based in perceptual and acoustic analysis. The assessment of phonatory biomechanics is carried out by otorhinolaryngologists through laryngeal examination, an invasive method with limited access. Online.Lab® is a promising system developed to assess phonatory biomechanics based on acoustic analysis of vocal signal. However, studies are lacking to demonstrate validity and reliability. The aim of this study was to research the concurrent validity of Online.Lab® with reference to the perceptual and acoustic most referred measures. A descriptive-correlational observational study was carried out. Nine individuals of both genders, with and without dysphonia, were evaluated by otorhinolaryngology. Sustained vowel [a] was analyzed with CAPE-V, acoustic analysis (f_0 , intensity, jitter, shimmer, HNR, CPP, CPPS and DSI) and biomechanical analysis (Online.Lab®). The results were treated statistically, obtaining correlations between the biomechanical parameters and the perceptual and acoustic measures. Groups related to the duration of glottic cycle phases, tension, strength and efficiency of glottic closure showed promising results. Not all parameters showed correlations and some of the correlations obtained were not justified by the literature, which suggests a greater need for research on validity.

Keywords: phonation; concurrent validity; acoustic analysis; biomechanical analysis; auditory-perceptual analysis

Índice

1. Introdução.....	1
2. Enquadramento Teórico.....	3
2.1. Conceito de biomecânica	3
2.1.1. Biomecânica do processo fonatório.....	4
2.2. Avaliação instrumental da dinâmica fonatória.....	7
2.3. Análise biomecânica com base em análise acústica.....	8
2.4. Objetivos	15
3. Métodos	16
3.1. Tipo e desenho de estudo.....	16
3.2. População e amostra.....	16
3.3. Instrumentos.....	17
3.4. Procedimentos.....	18
3.4.1. Análise percetivo-auditiva	20
3.4.2. Análise acústica.....	20
3.4.3. Análise biomecânica.....	21
4. Resultados	21
4.1. Caracterização da amostra.....	22
4.2. Resultados de análise percetivo-auditiva.....	23
4.2.1. Análise da fiabilidade.....	23
4.2.2. Valores das medidas percetivo-auditivas.....	24
4.3. Resultados de análise acústica.....	25
4.4. Resultados de análise biomecânica.....	27
4.4.1. Correlação entre o <i>score</i> do Perfil de desequilíbrio e medidas percetivas e acústicas.....	30
4.4.2. Correlação entre o Índice de alterações e medidas percetivas e acústicas.....	30
5. Discussão.....	33
6. Considerações finais.....	48
7. Referências Bibliográficas.....	49
8. Anexos	58
8.1. Anexo 1: Aprovação da Comissão de Ética da ESS.....	58
8.2. Anexo 2: Aprovação da Comissão de Ética do HPH.....	59

8.3.	Anexo 3: Consentimento informado.....	60
9.	Apêndices.....	61
9.1.	Apêndice 1.....	61
9.2.	Apêndice 2.....	70
9.3.	Apêndice 3.....	88
9.4.	Apêndice 4: Ficha de caracterização	91
9.5.	Apêndice 5: Protocolo de gravação da voz.....	92
9.6.	Apêndice 6: Página web.....	93

Lista de abreviaturas, acrónimos e sinais

CAPE-V – *Consensus Auditory Perceptual Evaluation of Voice*

CPP – *Cepstral Peak Prominence*

CPPS – *Cepstral Peak Prominence Smoothed*

dB– decibéis

DP– Desvio padrão

DSI – *Dysphonia Severity Index*

ESS– Escola Superior de Saúde

f– Disfonia funcional

f_0 – *Frequência fundamental*

GF– Género Feminino

GM– Género Masculino

HNR – *Harmonic-to-noise ratio*

Hz– Hertz

LAF– Limiar de alteração funcional

LN– Limiar de normalidade

O– Disfonia orgânica

Of– Disfonia orgânico-funcional

ORL– Otorrinolaringologia

PE– Português Europeu

PV– Pregas Vocais

P_{sub} – Pressão subglótica

$Q_{contactEGG}$ – *Contact quotient* (quociente de contacto calculado por electroglotografia)

Q_{closed} – *Closed quotient* (quociente da fase fechada)

$Q_{closing}$ – *Closing quotient* (quociente de encerramento)

Q_{open} – *Open quotient* (quociente de fase aberta)

$Q_{opening}$ – *Opening quotient* (quociente de abertura)

Q_{speed} – *Speed quotient* (quociente de velocidade)

R_g – Resistência glótica

S– Segundos

SPL– *Sound Level Pressure*

TMF– Tempo Máximo de Fonação

TF– Terapeuta da Fala

u.r.– Unidades relativas

VN– Voz normal

Lista de Tabelas

Tabela 1. Valores de referência para as fases do ciclo glótico.....	7
Tabela 2. Definição dos parâmetros do índice de alterações obtidos através da análise biomecânica	9
Tabela 3. Definições para obtenção dos valores de CPP através do praat.....	21
Tabela 4. Definições para obtenção dos valores de CPP através do praat.....	21
Tabela 5. Coeficientes de correlação intra-avaliador (correlação de Pearson (r)).....	23
Tabela 6. Coeficiente de correlação intra-classe (ICC) para as componentes do CAPE-V.....	24
Tabela 7. Caracterização demográfica da amostra.....	22
Tabela 8. Diagnóstico clínico ORL da amostra.....	22
Tabela 9. Caracterização da amostra com base na classificação de disфонia de Behlau e Pontes (1995) e o género.....	23
Tabela 10. Valores das medidas perceptivas para cada indivíduo de acordo com o diagnóstico e o género	24
Tabela 11. Valores médios das medidas acústicas f_0 média, Dp de f_0 , intensidade média e Dp da intensidade, organizados por grau de disфонia.....	25
Tabela 12. Valores médios das medidas acústicas jitter, shimmer e HNR organizadas por grau de disфонia	26
Tabela 13. Valores médios das medidas acústicas CPP, CPPS e DSI organizadas por grau de disфонia....	26
Tabela 14. Valores médios do score do perfil de desequilíbrio (análise biomecânica), organizados por grau de disфонia	27
Tabela 15. Valores dos parâmetros do índice de alterações (análise biomecânica) para cada indivíduo...28	
Tabela 16. Valores médios dos parâmetros do índice de alterações (análise biomecânica) por grau de disфонia	29
Tabela 17. Correlação entre o score do perfil de desequilíbrio (análise biomecânica) e as medidas perceptivas (grau de disфонia) e medidas acústicas (CPP, CPPS e DSI)	30
Tabela 18. Correlação entre os parâmetros do índice de alterações (análise biomecânica) com as medidas perceptivas (grau de disфонia, rouquidão, sopro e tensão).....	31
Tabela 19. Correlação entre os parâmetros do índice de alterações (análise biomecânica) com as medidas acústicas (f_0 média, Dp de f_0 , intensidade média e Dp da intensidade média).....	31
Tabela 20. Correlação entre os parâmetros do índice de alterações (análise biomecânica) com as medidas de perturbação (jitter, shimmer e HNR).....	32
Tabela 21. Correlação entre os parâmetros do índice de alterações (análise biomecânica) com as medidas acústicas (CPP, CPPS e DSI)	32
Tabela 22. Valores de referência de f_0 e Dp para a vogal [a]	74

Tabela 23. Valores de referência do <i>jitter</i> local para a vogal [a]	76
Tabela 24. Valores de referência do <i>shimmer</i> local para a vogal [a]	77
Tabela 25. Valores de referência do HNR para a vogal [a]	77
Tabela 26. Definição dos parâmetros áudio-perceptivos da escala GRBAS.....	88

Lista de imagens e gráficos

Figura 1. Relatório modelo do índice de alterações (análise biomecânica) de um indivíduo do GF com Edema de Reinke, antes e após cirurgia (adaptado de Voice Clinical Systems, 2017).....	11
Figura 2. Relatório modelo do perfil de desequilíbrio (análise biomecânica) de um indivíduo com hiperfunção glótica (adaptado de Voice Clinical Systems, 2017).....	13
Figura 3. Caracterização vocal da amostra de acordo com o tipo e o grau de alteração (por ordem crescente).....	25
Figura 4. Ilustração de P02 (adaptada de Voice Clinical Systems, 2017).....	35
Figura 5. Ilustração de P03 (adaptada de Voice Clinical Systems, 2017).....	36
Figura 6. Ilustração de P04 (adaptada de Voice Clinical Systems, 2017).....	37
Figura 7. Ilustração de P05 (adaptada de Voice Clinical Systems, 2017).....	37
Figura 8. Ilustração de P06 (adaptada de Voice Clinical Systems, 2017).....	38
Figura 9. Ilustração de P07 (adaptada de Voice Clinical Systems, 2017).....	38
Figura 10. Ilustração de P08 (adaptada de Voice Clinical Systems, 2017).....	40
Figura 11. Ilustração de P09 (adaptada de Voice Clinical Systems, 2017).....	40
Figura 12. Ilustração de P11 e P12 (adaptada de Voice Clinical Systems, 2017).....	41
Figura 13. Ilustração de P13 (adaptada de Voice Clinical Systems, 2017).....	43
Figura 14. Ilustração de P14 (adaptada de Voice Clinical Systems, 2017).....	44
Figura 15. Ilustração de P15 (adaptada de Voice Clinical Systems, 2017).....	44
Figura 16. Ilustração de P16 (adaptada de Voice Clinical Systems, 2017).....	45
Figura 17. Ilustração de P17 e P18 (adaptada de Voice Clinical Systems, 2017).....	46
Figura 18. Ilustração de P18 e P19 (adaptada de Voice Clinical Systems, 2017).....	46
Figura 19. Montagem de imagens estroboscópicas obtidas em pontos sucessivos em vários ciclos glóticos (Krausert et al., 2011).....	62
Figura 20. Imagens obtidas através da câmara videoquimográfica: a) à esquerda, imagem laringoscópica standard; b) à direita, imagem videoquimográfica do padrão vibratório das PV (Svec & Sram, 2011).....	65
Figura 21. Onda eletroglotográfica típica (Guimarães, 2007).....	72

1. Introdução

A produção da voz é um processo multidimensional que envolve mecanismos fisiológicos, biomecânicos e aerodinâmicos (Patel et al., 2018).

A avaliação da voz, primeira etapa da intervenção e reabilitação vocal permite ao Terapeuta da Fala (TF) conhecer os hábitos e características vocais do indivíduo, identificar a origem do problema vocal e descrever a relação entre a alteração vocal e a sua interferência na qualidade de vida da pessoa. Quanto mais completa e precisa a avaliação vocal mais especificidade terá o plano de intervenção que será direcionado para as reais necessidades da pessoa (Behlau et al., 2001). Assim, a avaliação das perturbações vocais deve ser realizada por uma equipa pluridisciplinar, de forma multidimensional. Deverá caracterizar-se o impacto da perturbação e realizar a avaliação da laringe, análise perceptivo-auditiva, análise acústica, avaliação aerodinâmica e, ainda, a autoavaliação do indivíduo (Dejonckere et al., 2001; Patel et al., 2018).

Na prática clínica do TF as análises acústica e perceptivo-auditiva são as mais utilizadas (Behlau et al., 2001). A primeira analisa o sinal sonoro de acordo com diversos parâmetros acústicos, e de forma não invasiva (Guimarães, 2007) e a segunda é considerada a "*gold standard*" da avaliação vocal dado que a qualidade vocal é um fenómeno perceptivo (Patel & Shrivastav, 2007; Yamasaki et al., 2017).

A análise biomecânica das pregas vocais (PV), usualmente realizada através de avaliação laríngea pelo otorrinolaringologista (ORL), possibilita a descrição da dinâmica das PV durante a fonação através de diversos parâmetros que descrevem o movimento das estruturas laríngeas (Fernández-Baillo & Calvo, 2017). O avanço da tecnologia possibilitou o desenvolvimento de novas ferramentas de análise biomecânica da voz, alegadamente de base acústica, nomeadamente o Online.Lab@ (Voice Clinical Systems, 2017). Segundo os seus autores, esta aplicação permite analisar a biomecânica das PV através de amostras de voz que podem ser recolhidas através de uma aplicação no telemóvel ou *tablet* e analisadas à distância, gerando diferentes tipos de relatório descritivos. A sua utilização no dia-a-dia do TF seria um benefício comparativamente a outros métodos de análise da voz que exigem mais tempo e investimento monetário. Dado que este tipo de tecnologia é recente e pouco utilizada na prática clínica do TF surge a necessidade de se investigar sobre a validade de critério deste método justificando-se a escolha do tema. Desta forma, coloca-se como questão de partida: «será que a análise biomecânica das pregas vocais realizada pelo Online.Lab@ possibilita descrever de forma válida as perturbações da fonte glótica quando comparada com os métodos de avaliação convencionais utilizados em Terapia da Fala?»

A dissertação encontra-se dividida em sete capítulos. No primeiro capítulo (introdução) são apresentadas as motivações do estudo, a questão de partida e a descrição da estrutura do estudo. No segundo capítulo, é apresentada a teoria que sustenta o estudo, nomeadamente o conceito de biomecânica, a biomecânica do processo fonatório, a avaliação instrumental direta e indireta necessária para a avaliação da dinâmica fonatória, a análise biomecânica com base na análise acústica e a análise perceptivo-auditiva. Os objetivos da investigação são apresentados no terceiro capítulo. Os métodos, descritos no capítulo quatro, contemplam o tipo e desenho de estudo, os instrumentos utilizados e os procedimentos seguidos na investigação. Os resultados, apresentados no capítulo cinco, são produto do processo de recolha de dados e

da análise estatística efetuada. No sexto capítulo, referente à discussão dos resultados, são analisados os resultados procurando-se justificá-los de acordo com a literatura consultada. No sétimo e último capítulo (conclusões), é realizada uma síntese do trabalho desenvolvido, procurando-se evidenciar as limitações do estudo e sugerindo-se investigações que permitam dar continuidade ao tema abordado na presente investigação.

2. Enquadramento Teórico

O presente estudo foca-se na análise biomecânica da voz tendo por base a análise acústica pelo que, se salienta a importância do conceito de biomecânica e das características biomecânicas do processo fonatório. A abordagem ao conceito será realizada através da descrição de estudos na área da biomecânica, da voz ou não, das características das PV e dos mecanismos do processo fonatório.

2.1. Conceito de biomecânica

Segundo Knudson (2007) a biomecânica define-se como o estudo do movimento e as suas origens nos seres vivos. Hatze, 1974 citado por este autor referiu que este estudo tem por base a ciência da mecânica uma vez que se debruça sobre a descrição do movimento e como as forças criam este movimento. Verifica-se que a biomecânica fornece as ferramentas necessárias para entender o movimento nos seres vivos e, através dela, é possível obter informações sobre padrões de movimento, equipamentos e os exercícios mais pertinentes para otimizar o movimento humano (Knudson, 2007). De acordo com Peck (2016) a biomecânica possibilita uma melhor compreensão da estrutura e função dos sistemas biológicos.

O estudo da biomecânica é utilizado em diversas áreas. A título exemplificativo, Peck (2016) explora a biomecânica da oclusão dentária e as suas implicações na reabilitação oral. O autor refere que a biomecânica não tem inferência direta mas possibilita uma melhor compreensão das forças e dos deslocamentos da oclusão dentária pois fornece informações sobre as relações estabelecidas entre a dentição e estruturas (maxilar, mandíbula, articulações temporomandibulares e músculos). Assim, a biomecânica torna-se importante para um melhor entendimento do papel da oclusão dentária no sistema mastigatório, sendo igualmente relevante nas demais funções deste sistema.

Numa outra área, também a título ilustrativo, Zlotnicki et al. (2016) estudaram os princípios biomecânicos básicos da instabilidade do joelho. De acordo com os autores, o movimento da articulação do joelho é bastante complexo ao nível da mecânica. A sua estabilidade depende da combinação de estruturas estáticas e dinâmicas que funcionam em conjunto para evitar movimentos excessivos ou instabilidade inerente a várias lesões no joelho. Neste caso, a análise biomecânica fornece informações das propriedades mecânicas dos tecidos e propriedades estruturais dos complexos osso/ligamento/osso, das forças experienciadas por determinadas estruturas e sobre a cinemática articular. Para além disto, este tipo de análise pode ser utilizada para determinar de forma quantitativa a eficácia de tratamentos e técnicas cirúrgicas tendo por base de comparação parâmetros biomecânicos.

No que toca à fonação, existem investigações que propõem um modelo para o estudo biomecânico da produção vocal (Döllinger et al., 2017; Schwarz et al., 2008; Yang et al., 2010) onde são analisados os fatores mecânicos e estruturais que dão origem ao movimento vibratório das PV.

Döllinger et al. (2017) realizaram uma simulação biomecânica da dinâmica das PV em adultos, baseada na videoendoscopia laríngea ultra-rápida. Os autores adaptaram modelos biomecânicos numéricos – *lumped-mass models* (LMM) – desenvolvidos para investigar os efeitos de diversos parâmetros, nomeadamente a pressão de ar subglótica, massa vibratória, alongamento e rigidez dos tecidos

em relação ao comportamento dinâmico das PV. Os investigadores usaram um LMM para comparar as diferenças entre géneros e idade com base na dinâmica das PV registada com imagens endoscópicas ultra-rápidas. Os resultados mostraram-se promissores no que diz respeito à quantificação da dinâmica das PV e na diferenciação de vozes normais e disfónicas assim como na diferenciação de patologias das PV.

Schwarz et al. (2008) desenvolveram um estudo sobre a quantificação espaço-temporal das vibrações das PV através da videoendoscopia ultra-rápida e de um modelo biomecânico. Os autores propuseram uma nova abordagem para a quantificação objetiva dos padrões de vibração das PV baseada em modelos biomecânicos já existentes: os *multi-mass model*. Estes modelos permitem a descrição das alterações do movimento vibratório das PV. A abordagem proposta permite inferir sobre a rigidez e distribuição da massa ao longo das PV.

Yang et al. (2010) desenvolveram um modelo biomecânico que permite a visualização em três dimensões (3D) da dinâmica das PV durante a fonação com vibrações simétricas ou assimétricas. O modelo consiste na recriação de cada PV através de cinco planos de massa dispostos na vertical, sendo que cada plano contém cinco osciladores acoplados longitudinalmente. Os planos de massa estão unidos através de molas na direção vertical. Na extremidade ventral, ambos os lados estão unidos por uma âncora semelhante à comissura anterior da laringe, onde ambas as PV se fundem. Para a sua criação, os investigadores basearam-se em modelos já existentes.

O conhecimento sobre a biomecânica da voz ainda tem algumas limitações, o que acaba por interferir no sucesso de diversos tratamentos clínicos (Miri, 2014). Apesar disso, cada vez mais a investigação sobre as técnicas usadas na terapia vocal recorre à biomecânica como forma de compreender e justificar a sua ação. Partindo dos pressupostos da biomecânica para, juntamente com a fisiologia do exercício, é desenvolvido conhecimento sobre aplicações clínicas específicas, nomeadamente no que refere à carga e dosagem dos exercícios propostos. O aumento do conhecimento sobre a biomecânica vocal, bem como as suas formas de avaliação/medição, é essencial para o diagnóstico funcional de pessoas com perturbações da voz, para a orientação da terapia vocal e para a medição dos resultados obtidos.

2.1.1. Biomecânica do processo fonatório

A voz pode ser definida como o som produzido pela vibração das PV, que é modificado pelas cavidades de ressonância (Behlau et al., 2001). Resulta da interação complexa entre a pressão e velocidade do fluxo expiratório, os padrões de movimentos das PV e as propriedades ressoadoras das estruturas do trato vocal (Guimarães, 2007).

Ao longo do tempo foram propostas diversas teorias sobre a produção da voz. A teoria mioelástica-aerodinâmica (Van den Berg, 1958) foi uma das primeiras e constitui a base do conhecimento da produção vocal. De acordo com esta teoria, a combinação das propriedades físicas das PV – tensão, massa por unidade de comprimento e elasticidade – com as forças aerodinâmicas permite a vibração das PV. As forças aerodinâmicas assumem um papel de relevo dando origem a um fenómeno conhecido como efeito de

Bernoulli (Behrman, 2007). O fluxo de ar gerado pelos pulmões sobe e aumenta a pressão subglótica (P_{sub}) abaixo das PV, que se encontram próximas uma da outra. Quando a P_{sub} excede a resistência glótica (R_g)¹ as PV iniciam pequenos movimentos vibratórios de aproximação e afastamento. Quando o padrão de vibração ocorre de forma periódica e simétrica, o sinal de voz originado é considerado saudável (Behrman, 2007; Döllinger et al., 2017).

As PV são duas membranas constituídas por músculo e mucosa que se localizam na laringe. Cada PV mede cerca de 11 a 15 milímetros (mm) em indivíduos adultos do género feminino e 17 a 21 mm em indivíduos adultos do género masculino e têm uma espessura de 3-10 mm. Estendem-se pela laringe no sentido antero-posterior e fixam-se, anteriormente, à cartilagem tiróide e, posteriormente, à superfície antero-lateral das cartilagens aritenóides (Titze, 2000; Zhang, 2016). O espaço horizontal entre as PV e as cartilagens aritenóides denomina-se válvula laríngea de abertura também conhecida por glote (Guimarães, 2007).

A estrutura das PV é complexa e composta por diferentes camadas que variam na sua constituição. De forma geral, a mucosa divide-se em epitélio e lâmina própria e o músculo que constitui o corpo das PV. O epitélio que cobre as PV é constituído por tecido escamoso estratificado, forma a área de contacto entre as PV e ajuda a manter a forma das mesmas. A lâmina própria divide-se em três camadas: (a) camada superficial, constituída por fibras de elastina e de colagénio, vibrando de forma mais intensa durante a fonação; (b) camada intermédia, constituída, essencialmente, por fibras elásticas distribuídas paralelamente à borda livre da PV e (c) camada profunda composta, essencialmente, por fibras de colagénio (Behlau et al., 2001; Heman-Ackah & Sataloff, 2007). As proteínas da matriz extracelular, presentes nesta camada, regulam as propriedades mecânicas do tecido (Miri, 2014). O músculo vocal (tiroaritenóideu), que forma o corpo das PV, é constituído por fibras musculares alinhadas no sentido antero-posterior (Zhang, 2016) contribuindo para a massa e estabilidade das PV (Guimarães, 2007).

De acordo com Heman-Ackah e Sataloff (2007) a nível funcional, as cinco camadas das PV (divisão histológica) têm propriedades mecânicas distintas. A densidade e viscosidade aumentam de forma progressiva e têm um impacto relevante na dinâmica vibratória (Guimarães, 2007). Os dois quintos posteriores das PV são cartilaginosos e os três quintos anteriores são membranosos. Num contexto sem alterações verifica-se que grande parte da função vibratória necessária à produção de um som de qualidade ocorre na porção membranosa das mesmas (Heman-Ackah & Sataloff, 2007).

Do ponto de vista biomecânico, a estrutura das PV divide-se em três camadas: cobertura (epitélio e camada superficial), transição (camada intermédia e camada profunda) e corpo (músculo vocal) (Heman-Ackah & Sataloff, 2007). Hirano (1974) sugere que a combinação das diferentes propriedades mecânicas entre camadas poderá levar à produção de características distintas da fonte vocal.

Relativamente ao mecanismo de vibração glótica sabe-se que a mucosa de cada prega vocal vibra numa velocidade elevada o que dificulta a observação a olho nu do ciclo glótico. No homem, a frequência de

¹ Medida da quantidade de resistência que as PV oferecem à passagem do fluxo de ar (Behrman, 2007)

vibração da mucosa é de cerca de 100 Hz e na mulher é, em média, 200 Hz. O ciclo glótico é a sequência de encerramento, abertura e novo encerramento das PV, que se constitui por quatro fases: (a) **fase aberta**, (b) **fase de encerramento**, (c) **fase fechada** e (d) **fase de abertura**, e inicia-se sempre que a P_{sub} é superior à R_g (Behlau et al., 2001; Young & Rosen, 2011).

Na **fase aberta** das PV verifica-se a abertura máxima da glote. As bordas superior e inferior aparecem em paralelo mas movem-se em direções opostas (enquanto a borda inferior atinge a sua excursão lateral máxima, a borda superior continua a abrir-se). Nesta fase incluem-se duas outras componentes: a fase de abertura e a fase de encerramento (Behrman, 2007).

No início da **fase de abertura**, as PV encontram-se em contacto. À medida que a cavidade torácica é comprimida, a P_{sub} aumenta abaixo da glote devido à resistência provocada pelo encerramento das PV. Quando a P_{sub} é grande o suficiente para superar a resistência das PV, estas são empurradas lateralmente para abrir a glote. A abertura é faseada, isto é, a separação das PV inicia-se na borda inferior enquanto a borda superior permanece encerrada. O movimento vibratório propaga-se até atingir a borda superior das PV, que se separam, abrindo a glote e permitindo a passagem do fluxo de ar. Verifica-se, então, a abertura máxima da glote (Behrman, 2007).

Na **fase de encerramento**, a borda inferior retorna à linha média (posição medial), encerrando parcialmente a glote, cessando-se a passagem do fluxo de ar. A borda superior das PV regressa à linha média, ligeiramente atrasada em relação à borda inferior, até que é estabelecido o contacto total das PV (Behrman, 2007).

Na **fase fechada** verifica-se o encerramento máximo o parcial da glote (Behrman, 2007). A fase fechada é influenciada pelo grau de adução das PV uma vez que a adução insuficiente resulta no encerramento incompleto das PV, que por sua vez leva à ausência da fase fechada (Herbst et al., 2015)

Podem existir alterações na duração das fases do ciclo glótico. De acordo com Behlau et al. (2001) uma fase fechada curta pode ser indicativa de fadiga vocal e disfonia, e uma fase fechada mais longa sugere um padrão fonatório saudável. Este padrão fonatório é caracterizado por maior periodicidade do sinal e pouca variabilidade ciclo a ciclo em frequência ou amplitude (Brinca et al., 2014). No estudo de Baravieira et al. (2014), os autores realizaram a análise da duração das diferentes fases do ciclo glótico, comparando os resultados da videolaringoscopia ultra-rápida e da videoquimografia, em indivíduos do género feminino (GF). Na tabela 1 são apresentados valores de referência para as fases do ciclo glótico:

Tabela 1. Valores de referência para as fases do ciclo glótico

Fase:	Videolaringoscopia ultra-rápida	Videoquimografia
Aberta	68%	55%
Abertura	34%	27%
Encerramento	34%	28%
Fechada	32%	45%

O *open quotient* (Q_{open}) é um parâmetro clássico utilizado na quantificação das propriedades vibratórias das PV. Define-se como a duração da fase em que as PV estão abertas (fase de abertura + fase de encerramento), dividida pela duração do ciclo glótico e o *closed quotient* (Q_{closed}) é seu complementar (Lohscheller, Švec & Döllinger, 2013; Patel, Unnikrishnan & Donohue, 2016). As diferenças nas avaliações das fases do ciclo glótico influenciam diretamente o Q_{open} porque este está intimamente relacionado com as fases aberta e fechada (Baravieira et al., 2014). No estudo de Baravieira et al. (2014) foram encontrados valores de Q_{open} , para o GF, de 0.68 com videolaringoscopia ultra-rápida e 0.55 com videoquimografia. Kunduk et al. (2010) obtiveram, para o GF, um Q_{open} de 0.64. Kendall (2009) obteve um Q_{open} de 0.62 para indivíduos sem alterações vocais através da videolaringoscopia ultra-rápida. No estudo de Echternach et al. (2010) os autores obtiveram, para o género masculino (GM), um Q_{open} de 0.6. Existem diversos estudos que analisam a variação do Q_{open} com os parâmetros intensidade e f_0 . No primeiro caso, algumas investigações descrevem que o Q_{open} diminui com o aumento da intensidade. No caso de f_0 é descrito o aumento do Q_{open} com o aumento deste parâmetro no GF sendo que no GM esta relação é fraca ou inexistente (Henrich et al., 2005; Yokonishi et al., 2016). De acordo com Kreiman et al. (2012), um aumento no Q_{open} relaciona-se com um aumento no grau de sopro. Também os autores Alku e Vilkman (1996) e Klati e Klati (1990) descrevem relação entre o Q_{open} e as qualidades vocais sopro e tensa.

Por sua vez, a duração da fase de abertura *versus* fase de encerramento é quantificada pelo *speed quotient* (Q_{speed}) cujos valores variam entre 0 e 1. Valores próximos ou superiores a 1 indicam maior velocidade de encerramento (maior duração da fase de abertura) e valores menores indicam maior velocidade de abertura (maior duração da fase de encerramento) (Lohscheller et al., 2013; Patel et al., 2013; Švec, Šram & Schutte, 2007). Lohscheller et al. (2013) mencionam que a abertura das PV tende a ser ligeiramente mais rápida que o encerramento. Estes resultados foram obtidos através de dados videoquimográficos.

2.2. Avaliação instrumental da dinâmica fonatória

A dinâmica fonatória pode ser avaliada de forma direta (Apêndice 6) ou de forma indireta (Apêndice 6). No apêndice 1 são apresentadas a laringoscopia indireta, a laringoscopia, a videolaringoscopia ultra-rápida e a videoquimografia. Estes métodos de avaliação permitem analisar diretamente a dinâmica fonatória através de parâmetros descritos na literatura. Neste caso, salienta-se os parâmetros

regularidade² (ou periodicidade), amplitude de vibração³, onda mucosa⁴, padrão de encerramento glótico⁵, duração do encerramento glótico⁶ e a frequência fundamental⁷, resultantes da laringostroboscopia. Alguns destes são comuns à videolaringoscopia ultra-rápida e videoquimografia.

No apêndice 2 são abordadas a avaliação aerodinâmica, a electroglotografia, a análise do sinal acústico e a filtragem inversa, que possibilitam uma análise indireta da dinâmica fonatória. Deste grupo, salientam-se as medidas: pressão subglótica⁸ e resistência glótica resultantes da análise aerodinâmica, e a frequência fundamental, intensidade⁹, *jitter*¹⁰, *shimmer*¹¹, HNR¹², CPP¹³, CPPS¹⁴ e DSI¹⁵ resultantes da análise acústica.

A avaliação perceptivo-auditiva (Apêndice 6), utilizada como referência principal para avaliação da validade concorrente na parte empírica do estudo, também é descrita, dando-se especial destaque aos parâmetros previstos no protocolo CAPE-V (Almeida, Mendes & Kempster, 2018): grau de disфонia¹⁶, grau de rouquidão¹⁷, grau de soproidade¹⁸ e grau de tensão¹⁹.

2.3. Análise biomecânica com base em análise acústica

O estudo da voz do ponto de vista biomecânico tem vindo a ser realizado por alguns investigadores. Um dos sistemas recentemente lançados no mercado é a aplicação Online.Lab® (www.voicecs.com), explorada pela Voice Clinical Systems®, tendo como referência a análise acústica do sinal de voz (Voice Clinical Systems, 2017). Este é um sistema com metodologia própria, que analisa amostras do sinal de fala. De acordo com os autores, os procedimentos utilizados permitem inferir sobre a biomecânica das PV, pois determinados pontos e segmentos do sinal recolhido são analisados com o objetivo de se estudar a dinâmica das PV durante a vibração e verificar a presença de patologia (Voice Clinical Systems, 2017). A aplicação encontra-se disponível na internet pelo que pode ser descarregada para um telemóvel ou *tablet* através dos quais pode ser realizada a recolha do sinal de fala que não deve exceder os 4 segundos. Esta versão tem

² Regularidade na duração dos ciclos sucessivos de vibração (Tsuji et al., 2014)

³ Extensão do movimento lateral da porção vibratória da PV no plano medial durante a fonação (Poburka et al., 2017)

⁴ Movimento lateral independente da mucosa sobre o corpo da PV (Poburka et al., 2017)

⁵ Configuração glótica durante o encerramento máximo das PV (Poburka et al., 2017)

⁶ Fração relativa de cada ciclo glótico em que a glote está fechada (Patel et al., 2018)

⁷ Número de ciclos vibratórios produzidos pelas PV, num segundo (Behlau et al., 2001)

⁸ Reflete a quantidade de pressão diretamente abaixo das PV desenvolvida pelo sistema respiratório para a produção de voz (Sapienza & Ruddy, 2013)

⁹ Potência por unidade área em watts do sinal acústico (Baken & Orlikoff, 2010; Behrman, 2007).

¹⁰ Medida da variabilidade da f_0 de ciclo a ciclo (Behlau et al., 2001)

¹¹ Medida de perturbação da amplitude de curto termo (Behlau et al., 2001)

¹² Reflete a presença de ruído no sinal (Martens et al., 2007)

¹³ Medida acústica que é obtida através do *cepstrum* de uma onda sonora e que se tem mostrado promissora como marcador acústico da disфонia (Watts, Awan & Maryn, 2017)

¹⁴ Versão suavizada do CPP (Brockmann-Bauser et al., 2019)

¹⁵ Abordagem multiparamétrica que combina diversos parâmetros acústicos e aerodinâmicos para estabelecer uma correlação objetiva com a qualidade vocal (Wuyts et al., 2000)

¹⁶ Grau de alteração global da voz (Hirano, 1981)

¹⁷ Sensação psicoacústica da irregularidade da vibração das PV (Hirano, 1981)

¹⁸ Sensação psicoacústica de escape de ar através da glote (Hirano, 1981)

¹⁹ Sensação psicoacústica de fonação hiperfuncional (Hirano, 1981)

limite de créditos sendo que é necessário adquirir mais quantidade de créditos para realizar a avaliação de diversos casos, estando disponíveis os preços conforme as necessidades do utilizador. Os autores garantem uma análise rápida, fiável, sem necessidade de investimento em equipamentos tecnológicos e fácil de interpretar, sendo apenas necessário adquirir um microfone externo de qualidade (microfone BOYA-BY-DM1) (Voice Clinical Systems, 2017). Para além disto, referem que a aplicação funciona de acordo com um logaritmo denominado *Wave Tracking* desenvolvido pelo grupo.

Apresentando este sistema, os autores Fernández-Baillo e Calvo (2017) abordam o conceito de biomecânica das PV e definem um conjunto de 20 parâmetros biomecânicos que permitem descrever a dinâmica desenvolvida pelas PV durante a fonação. Estes parâmetros estão agrupados em 9 categorias e compõem o índice de alterações das PV. Os valores de referência apresentados na tabela 2 correspondem ao limiar de normalidade (LN)²⁰ e limiar de alteração funcional (LAF)²¹ para ambos os géneros e são extraídos diretamente da aplicação, não tendo sido encontrados estudos que expliquem ou validem estes valores:

Tabela 2. Definição dos parâmetros do índice de alterações obtidos através da análise biomecânica

Parâmetro	Definição	LN	LAF
Grupo A			
P01 f_0 (Hz)	Corresponde à f_0 , número de ciclos vocais por segundo. Oferece informações que possibilitam estabelecer uma correlação precisa do período associado à reconstrução de um ciclo vibratório.	GM: 105-239 GF: 180-240	GM: 95-159 GF: 160-260
Grupo B			
P02 Regularidade (%)	Corresponde à regularidade dos encerramentos intermédios antes do encerramento glótico máximo.	GM: 1 GF: 1	GM: 0.50-0.33 GF: 0.50-0.33
P03 Assimetria (%)	Estabelece a falta de sincronia exata na posição das PV durante o movimento de aproximação e separação. Indica que uma das bordas livres das PV apresenta tensão ou massa diferente fazendo com que a dinâmica seja assimétrica.	GM: 0 GF: 0	GM: 0 GF: 0
Grupo C			
P04 Fase fechada (%)	Estabelece uma medida da duração da fase fechada em relação ao ciclo completo das PV. Considera-se que a fase de encerramento começa no momento em que se estabelece a primeira aproximação entre as PV até que o encerramento máximo seja consolidado.	GM: 50-73 GF: 55-70	GM: 28-77 GF: 50-70

²⁰ Corresponde ao conjunto de valores nos quais um parâmetro é considerado dentro da normalidade. A cor associada será o verde (Voice Clinical Systems, 2017).

²¹ Corresponde ao conjunto de valores, máximos e mínimos, permitidos para que um parâmetro se afaste do limiar de normalidade sem ser considerada uma alteração patológica. É um limiar limite da normalidade. As cores associadas variam em tons de verde (Voice Clinical Systems, 2017). Existe ainda o limiar patológico que corresponde aos valores dos parâmetros que ultrapassam o limiar de alteração funcional, na sua extremidade inferior ou superior. A cor associada a este limiar é o vermelho.

Parâmetro	Definição	LN	LAF
Grupo C			
P05 Fase aberta (%)	Estabelece uma medida da duração da fase aberta em relação ao ciclo completo das PV. A fase aberta é o período em que o espaço glótico permanece aberto, permitindo a passagem livre da coluna de ar.	GM: 26-49 GF: 30-45	GM: 22-71% GF: 25-50%
P06 Fase de abertura (%)	Momento incluído na fase aberta, entre o encerramento máximo das PV e o máximo de abertura. Este parâmetro estabelece uma medida da duração desta fase em relação a um ciclo completo.	GM: 12-27 GF: 30-35	GM: 8-35 GF: 15-40
P07 Fase de encerramento (%)	Corresponde a uma etapa incluída na fase aberta, entre o final da fase de abertura das PV e o início da fase fechada (contato mínimo entre as bordas livres). Este parâmetro estabelece uma medida da duração da fase referida em relação a um ciclo completo.	GM: 5-36 GF: 8-11	GM: 4-37 GF: 6.5-12.5
Grupo D			
P08 Índice de tensão (u.r.)	Os valores de P08 estabelecem uma medida da tensão (resultante da ação dos músculos adutores) nas PV durante o encerramento.	GM: 1.49-13 GF: 1.0-26	GM: 0.49-45 GF: 0.46-44
P09 Força de encerramento glótico (u.r.)	Traduz a capacidade das PV em manter tensão ao longo do tempo. Este último pode ser considerado como a força necessária para manter um encerramento eficaz. Níveis elevados podem indicar um quadro de hiperfunção glótica (não supraglótica).	GM: 95-799 GF: 80-749	GM: 43-2100 GF: 40-1360
Grupo E			
P10 Índice de eficiência (u.r.)	Estabelece uma relação de "qualidade" entre o encerramento e a abertura, avaliando se o encerramento glótico é eficaz para aumentar a P_{sub} e que a abertura é adequada, permitindo a passagem do ar.	GM: 1.2-1.6 GF: 1.2-1.7	GM: 1-2.7 GF: 1-2.3
P11 Amplitude da fenda (u.r.)	Estabelece uma correlação entre a alteração no encerramento glótico (fenda glótica) e a distância (amplitude) mantida dessa alteração, ou seja, um encerramento glótico incompleto.	GM: 0 GF: 0	GM: (-0.013) GF: (-0.005)
P12 Tamanho da fenda (u.r.)	Estabelece relação da influência da alteração (fenda glótica) no encerramento glótico realizado em relação à área glótica total.	GM: 0 GF: 0	GM: 1-35 GF: 1-32
Grupo F			
P13 Instabilidade/tremor (u.r.)	Correlaciona-se com a instabilidade/ tremor associados à presença de tensão resultante da ação muscular.	GM: 0-17 GF: 0-8	GM: <30 GF: >21
Grupo G			
P14 (u.r.) Amplitude da vibração	Relacionado com a amplitude do movimento nas bordas livres das PV (separação entre as bordas das PV).	GM: 0.25-1.5 GF: 0.20-1.10	GM: 0.1-2.2 GF: 0.09-2.20
Grupo H			
P15 Índice de encerramento da onda mucosa (u.r.)	Oferece um valor relativo à quantidade de onda mucosa observada na borda livre das PV durante a fase de encerramento.	GM: 170-520 GF: 190-330	GM: 90-630 GF: 130-370
P16 Índice de abertura da onda mucosa (u.r.)	Oferece um valor relativo à quantidade de onda mucosa observada na borda livre das PV durante a fase de abertura. Mede a onda mucosa gerada para obter a máxima abertura.	GM: 15-89 GF: 20-65	GM: 7-155 GF: 10-100
P17 Rácio de adequação do encerramento da onda mucosa (u.r.)	Oferece um valor correspondente ao desvio de onda mucosa na fase fechada. A onda mucosa pode mostrar variações dentro da normalidade. Quando a onda mucosa mostra valores superiores ao limiar da alteração funcional, indica alta probabilidade de edema. Quando o valor é menor que o valor mais baixo do limiar de alteração funcional, indica falta de onda mucosa por tensão ou fixação.	GM: (-18)-54 GF: (-10)-60	GM: (-56)-90 GF: (-40)-90

Parâmetro	Definição	LN	LAF
Grupo H			
P18 Rácio de adequação da abertura da onda mucosa (u.r.)	Oferece um valor correspondente ao desvio da onda mucosa na fase de abertura. Quando o valor é superior ao limiar superior de alteração funcional, indica alta probabilidade de lesão por edema. Quando o valor é menor que o valor mais baixo do limiar de alteração funcional, indica falta de onda mucosa por tensão ou fixação.	GM: 0 GF: 0-100	GM: 200 GF: 200
Grupo I			
P19 Índice de consolidação de massa (u.r.)	Oferece um valor preditivo dos comportamentos fonatórios que estão no estágio anterior à formação ou consolidação da lesão de massa. Este parâmetro pode assumir valores muito altos quando a lesão está consolidada, mas o seu tamanho ainda não compromete significativamente o encerramento glótico	GM: >75 GF: >75	GM: 75-85 GF: 75-85
P20 Índice de massa (u.r.)	Oferece um valor que se correlaciona com a presença de uma lesão de massa consolidada. Quanto maior o valor do índice, maior o comprometimento do encerramento glótico. Valores maiores que 0 indicam existência de uma lesão de massa consolidada, mas não é indicativo de ser uni ou bilateral	GM: 0 GF: 0	GM: 0 GF: 0

		PRE-SURGERY			POST-SURGERY	
* SET A	(Fundamental Frequency)					
P01	F0	108,6	180 - 240	160 - 260 (Hz.)	196,9	
* SET J	(Harmony in the movement of the edge)					
P02	Regularity	0,30	0,15 - 0,44	0,05 - 0,54 (r.u.)	0,20	
P03	Asymmetry	0,0	0	0	0,0	
* SET L	(Phases of the cycle)					
P04	Closed	76,3	55 - 70	50 - 75 (%)	54,0	
P05	Open	23,7	30 - 45	25 - 50 (%)	46,0	
P06	Opening	15,5	30 - 35	15 - 40 (%)	36,6	
P07	Closing	8,3	8 - 11	6,5 - 12,5 (%)	9,4	
* SET M	(Muscular tension and stress)					
P08	Strain Ind.	2,3	1,0 - 26	0,46 - 44 (r.u.)	2,6	
P09	Closing Func. Power	173,2	80 - 749	40 - 1360 (r.u.)	138,4	
* SET N	(Sufficiency of the closure)					
P10	Efficiency Ind.	8,2	1,0 - 1,60	0,70 - 1,80 (r.u.)	9,5	
P11	Gap Amplitude	0,000000	0	(-0,005) (r.u.)	0,000000	
P12	Gap size	0,0	0	1 - 32 (r.u.)	0,0	
* SET O	(Tension with instability)					
P13	Tremor	36,7	2,0 - 8,0	1,0 - 21 (r.u.)	4,0	
* SET P	(Separation between edges)					
P14	Amplitude Ind.	0,3	0,20 - 1,10	0,09 - 2,20 (r.u.)	0,4	
* SET Q	(Mucosal wave and edema correlates)					
P15	MW Ind. Closing	1067,7	190 - 330	130 - 370 (r.u.)	216,1	
P16	MW Ind. Opening	61,9	20 - 65	10 - 100 (r.u.)	73,2	
P17	Adequacy ratio MW closing	366,7	(-10) - 60	(-40) - 90 (r.u.)	33,3	
P18	Adequacy ratio MW opening	300,0	0 - 100	200 (r.u.)	100,0	
* SET R	(Mass correlates)					
P19	Mass Consolidation Ind.	117,0	< 26	27 - 50 (r.u.)	18,1	
P20	Mass Ind.	0,0	0	0 (r.u.)	0,0	

Figura 1. Relatório modelo do índice de alterações (análise biomecânica) de um indivíduo do GF com Edema de Reinke, antes e após cirurgia (adaptado de Voice Clinical Systems, 2017)

Para além dos parâmetros mencionados no artigo, a análise realizada pelo Online.Lab® fornece dados sobre o perfil de desequilíbrio das PV. Trata-se de um estudo que analisa o perfil da voz de forma global tendo em conta a ponderação de 7 parâmetros: A01, A02, A03, A04, A05, A06 e A07. Os valores dos mesmos variam de 0 a 3, sendo que 0 corresponde à normalidade (ou o mais próximo do normal) e o 3 ao grau máximo de desequilíbrio. Os parâmetros podem ser unipolares ou bipolares. Os primeiros assumem valores que vão aumentando a partir de 0 e que indicam que existe consolidação da alteração devido ao

aumento do efeito associado a esse parâmetro. No segundo tipo, os valores deslocam-se em duas direções opostas o que representa o aumento ou diminuição do efeito associado a esse parâmetro (Voice Clinical Systems, 2017). De acordo com os autores, os parâmetros definem-se:

A01 (Efeito de Massa- MASS): Relaciona-se com a presença de uma alteração estrutural com efeito de massa que causa alteração no encerramento glótico e no padrão de vibração das PV.

A02 (Poder da Fonte Glótica- GLOT. POW.): Capacidade das PV para produzir uma voz eficaz mantida ao longo do tempo. Quando o valor deste parâmetro está aumentado (GLOT. POW. (+)) a fonação caracteriza-se pela presença de tensão excessiva da musculatura envolvida na execução e manutenção do encerramento glótico, independentemente de este ser eficaz ou não. Quando o valor diminui (GLOT. POW. (-)) a fonação caracteriza-se pela falta de tensão nos músculos envolvidos na execução e manutenção do encerramento glótico, independentemente de este ser eficaz ou não.

A03 (Onda Mucosa- MW): Correlaciona-se com a alteração da onda mucosa com base no grau de comprometimento com o encerramento glótico. Quando o valor está aumentado (MW (+)) é indicativo de uma alteração no aumento da onda mucosa durante a fonação. Este parâmetro é analisado na fase fechada (MW CLOSED (+)) e na fase de abertura (MW OPEN (+)). Quando o valor está diminuído (MW (-)) existe uma alteração na diminuição da onda mucosa durante a fonação e durante a fase de encerramento (MW CLOSED (-)).

A04 (Fase aberta- OPEN): Correlaciona-se com o grau de envolvimento da fase aberta do ciclo com o encerramento glótico. Quando o valor está aumentado (OPEN (+)) é indicativo de um desequilíbrio devido a um aumento no tempo de abertura das PV independentemente de o encerramento glótico ter sido alcançado ou não. Quando o valor está diminuído (OPEN (-)) existe um desequilíbrio devido a uma diminuição no tempo de abertura das PV, independentemente de encerramento glótico ter sido alcançado ou não.

A05 (Fase Fechada- CLOSE): Correlaciona-se com o grau de envolvimento da fase fechada do ciclo com o encerramento glótico. Quando o valor está aumentado (CLOSE (+)) é indicativo de um desequilíbrio devido a um aumento no tempo de encerramento das PV independentemente de o encerramento glótico ter sido alcançado ou não. Quando o valor está diminuído (CLOSE (-)) existe um desequilíbrio devido a uma diminuição no tempo de encerramento das PV, independentemente de encerramento glótico ter sido alcançado ou não.

A06 (Warning GAP- WARN. GAP): Este parâmetro é indicativo da presença de uma fenda glótica significativa devido (ou não) à dinâmica alterada das aritenóides.

A07 (Assimetria- ASSYM): Correlaciona-se com uma alteração ou dinâmica distinta entre as duas bordas livres das PV.

Segundo os autores, tendo em conta a tendência mostrada através do gráfico é possível caracterizar a patologia e orientar a decisão a nível clínico (Voice Clinical Systems, 2017).

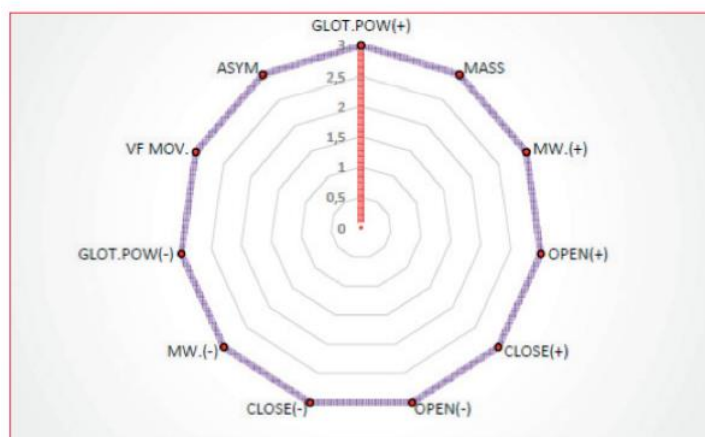


Figura 2. Relatório modelo do perfil de desequilíbrio (análise biomecânica) de um indivíduo com hiperfunção glótica (adaptado de Voice Clinical Systems, 2017)

Ainda relativamente à análise da amostra, estão disponíveis três tipos de relatórios que se adaptam às necessidades do utilizador: R1 (*Screening test*), R2 (*Alteration fast test*) e R3 (*Biomechanical imbalance full report*) que a partir de parâmetros biomecânicos permitem a realização de uma descrição completa da dinâmica das PV durante a fonação (Voice Clinical Systems, 2017; Fernández-Baillo & Calvo, 2017). O R1 serve como um teste de triagem direcionando-se para a área de rastreio. Neste relatório existem 8 questões, 4 direcionadas para a identificação de alteração funcional e 4 direcionadas para a identificação de alteração orgânica. O R2 fornece informações intermédias, sendo uma simplificação do “*Alteration Index Report*” presente no R3. Surge como uma boa ferramenta para uma primeira avaliação especializada da voz e para analisar o resultado do tratamento. Este relatório é composto por 9 parâmetros, agrupados em 9 categorias de acordo com o objetivo das informações, nas quais se podem estabelecer correlações. Para cada parâmetro são definidos valores que estão organizados em limites de normalidade e uma escala de cores (entre o verde e o vermelho). Por último, através do R3 o utilizador consegue estabelecer um perfil completo sobre a alteração biomecânica associada às PV bem como o desvio dos valores padrão. Este relatório é uma ferramenta útil para avaliar a eficácia de um tratamento cirúrgico ou de reabilitação e inclui as seguintes análises: relatório de índice de alterações e perfil de desequilíbrio (mencionados anteriormente) e, ainda, o estudo do perfil dinâmico (Voice Clinical Systems, 2017). Assim que a amostra é analisada, o utilizador recebe um aviso para descarregar os resultados. A interpretação e avaliação dos resultados fica à responsabilidade do profissional que as solicitou (Voice Clinical Systems, 2017).

No seu estudo, Fernández-Baillo e Calvo (2017) concluíram que a análise biomecânica complementa o estudo da imagem pois possibilita a identificação de padrões de voz alterados. Este tipo de estudo não só permite a realização de uma triagem como também identifica os elementos que favorecem o aparecimento ou permanência de determinada patologia. Segundo os autores, os dados obtidos através da análise do sinal de voz permite ao profissional quantificar o grau de alteração e avaliar, de forma objetiva, a eficácia da terapia.

Como apresentado, este é um método inovador com bastante potencial, uma vez que alega conseguir fazer uma análise biomecânica da fonação com base num processo simples, rápido e acessível. Contudo, toda a informação obtida e apresentada é proveniente do *site* da empresa que comercializa este sistema de avaliação e não foram encontrados estudos publicados que explorassem ou validassem as medidas apresentadas, nem mesmo que utilizassem este sistema como referencial para o estudo clínico ou de investigação. Assim, considera-se de especial interesse a possibilidade de estudar pela primeira vez em Portugal a aplicação deste sistema em contexto clínico, no sentido de averiguar o seu potencial e contribuir para a sua validação.

2.4. Objetivos

De acordo com os achados descritos anteriormente, este estudo parte dos seguintes pressupostos:

- a) A avaliação da qualidade vocal é tradicionalmente realizada através da análise perceptivo-auditiva, da análise acústica e avaliação aerodinâmica. Estas estão bem descritas na literatura e as suas vantagens são reconhecidas (Ambreen et al., 2017; Behlau et al., 2001; Gerratt et al., 1993; Guimarães, 2007; Patel & Shrivastav, 2007). No entanto, o carácter subjetivo da primeira e a sensibilidade a diversos fatores – humanos e materiais – da segunda podem afetar a sua fiabilidade e validade (Deliyski, Shaw, Evans & Vesselinov, 2006; Gerratt et al., 1993; Lovato et al., 2016).
- b) O conhecimento sobre a biomecânica da voz ainda é limitado o que acaba por interferir no sucesso dos tratamentos clínicos (Miri, 2014). Tal como mencionando anteriormente, o conhecimento sobre a biomecânica da voz pode complementar a terapia vocal no que diz respeito aos exercícios propostos constituindo-se, assim como um método de avaliação auxiliar no diagnóstico funcional das perturbações vocais e medição de resultados. Porém, os métodos mais utilizados para observar e avaliar a dinâmica das PV – videoestroboscopia, videoquimografia, videolaringoscopia ultra-rápida com exceção da electroglotografia – são realizados por profissionais que não o TF o que dificulta o processo, por exemplo, ao nível do tempo de avaliação. Para além disto, os métodos mencionados podem avaliar parâmetros em comum ou não, podendo ser necessário a utilização de mais do que um método para se obter uma avaliação mais completa. A existência de uma aplicação como a Online.Lab® seria inovador a nível clínico e poderia colmatar as dificuldades mencionadas.
- c) A análise biomecânica da voz com base na análise acústica revela potencial na avaliação das perturbações vocais pela sua acessibilidade, análise fiável e facilidade de interpretação, sem implicar investimento em equipamentos tecnológicos (Voice Clinical Systems, 2017).
- d) Na literatura, são poucos os estudos que utilizam a aplicação Online.Lab® para a realização da análise biomecânica da voz. Para além disto, tendo em conta a prática baseada na evidência, os instrumentos utilizados na avaliação devem ser fiáveis e válidos para que sejam úteis na prática clínica (Almeida et al., 2018; Carding et al., 2009).

Assim, o principal objetivo deste estudo é «averiguar a validade da avaliação vocal obtida através da aplicação Online.Lab® com referência às medidas de análise perceptivo-auditiva e acústica mais reconhecidas na investigação clínica em voz». Este objetivo, de carácter geral, subdivide-se em dois específicos, nomeadamente:

- a) Determinar a validade de critério concorrente da aplicação Online.Lab® (*score* do perfil de desequilíbrio) com base em protocolos de avaliação perceptivo-auditiva e acústica;
- b) Comparar os resultados da análise biomecânica da voz (Índice de alterações) com os resultados das análises perceptivo-auditiva (grau de disфонia, grau de rouquidão, grau de sopro e grau de tensão) e acústica (*jitter*, *shimmer*, HNR, f_0 média, Dp de f_0 , intensidade média, Dp da intensidade média, CPP, CPPS e DSI).

3. Métodos

Ao longo deste capítulo será apresentado o tipo de estudo, os instrumentos utilizados e os procedimentos seguidos durante a investigação.

3.1. Tipo e desenho de estudo

O presente estudo está integrado numa linha de investigação denominada “Desenvolvimento de métodos de avaliação acústica no estudo da voz com finalidade de uso em contexto clínico e em investigação”, da responsabilidade do Professor Doutor André Araújo, aprovada pela Comissão de Ética da ESS-P.Porto com o número 1296/2017, ao abrigo do qual outros projetos de investigação paralelos estão a ser realizados partilhando parcialmente procedimentos e/ou bases de dados adiante descritos.

Trata-se de um estudo enquadrado numa metodologia quantitativa (Carmo & Ferreira, 2008; Ribeiro, 2010) do tipo observacional descritivo–correlacional pois os investigadores pretendem explorar a existência de relações estatísticas entre variáveis com o objetivo de descrever essas relações (Fortin, 1999), no caso diversas medidas de caracterização vocal, de natureza áudio–perceptiva, acústica e biomecânica. Os dados serão recolhidos num único momento considerando-se o estudo de carácter transversal (Ribeiro, 2010).

Com este estudo propõe-se, também, a realização do processo de validação de critério concorrente da aplicação Online.Lab®. Um instrumento fiável e válido é útil na prática clínica pois permite agir de acordo com a prática baseada na evidência. A validade e fiabilidade garantem a integridade e qualidade do instrumento (Almeida et al., 2018; Carding et al., 2009). A validade de um instrumento refere-se ao grau em que o instrumento mede o que se propõe a medir. Existem três tipos de validade: conteúdo, construção e critério. A validade concorrente (de critério), em foco neste estudo, demonstra a extensão em que os *scores* de um instrumento estão relacionados com uma medida de critério, isto é, a que nível um instrumento de pesquisa está relacionado com outro que mede as mesmas variáveis (Heale & Twycross, 2015; Kimberlin & Winterstein, 2008).

3.2. População e amostra

A população do estudo é composta por indivíduos portugueses de idade adulta com e sem disfonia. De entre os referidos incluiu-se os que tivessem mais de 18 anos e os que tivessem o Português Europeu como língua materna. Excluiu-se do estudo indivíduos: a) com diagnóstico de perda auditiva e visão visto que poderiam impedir ou influenciar a implementação do protocolo de avaliação; b) submetidos a laringectomia total devido à ausência da fonte glótica e c) com perturbações da fala que pudessem ter influência na perceção da qualidade vocal e, consequentemente, na sua análise²².

A amostra obtida é composta por 8 utentes e 4 funcionários do Hospital Pedro Hispano, instituição onde decorreu a recolha de dados, sendo por isso uma amostra de conveniência. A amostra angariada é

²² Este critério está associado a outros estudos paralelos que utilizaram a mesma amostra, em que houve análise de amostras de fala. No presente estudo este aspeto não tem especial relevância.

constituída por 12 participantes de ambos os géneros, 7 indivíduos do género feminino e 5 indivíduos do género masculino, com idades compreendidas entre os 20 e os 70 anos. Apesar de haver intenção de recolher dados durante 2 a 3 meses, o que aumentaria o n amostral, a recolha foi interrompida pela pandemia da COVID-19, pelo que o estudo teve de avançar com uma amostra reduzida. Devido a limitações na qualidade do sinal (descritas mais adiante) a amostra final foi constituída por apenas 9 adultos de ambos os géneros, 5 indivíduos do GF e 4 indivíduos do GM, com idades compreendidas entre os 20 e os 70 anos.

3.3. Instrumentos

Tendo em conta os objetivos do estudo foi necessária a criação de um conjunto de instrumentos de recolha de dados constituído por uma ficha de caracterização do participante, um protocolo de gravação da voz e uma página *Web* para o registo de dados da avaliação perceptivo-auditiva.

Na ficha de caracterização (Apêndice 6) do participante constam os dados de identificação de cada indivíduo (género, idade, diagnóstico de otorrinolaringologia-ORL) e o código que lhe foi atribuído. O nome foi ocultado de forma a preservar o anonimato.

O protocolo de gravação da voz (Apêndice 6) incluiu a gravação de diferentes tarefas vocais, as quais servem a realização de vários estudos paralelos: vogal sustentada, emissão sustentada das consoantes fricativas [s] e [z], leitura de um texto em diferentes intensidades, leitura de frases, glissando, canto e discurso espontâneo. No presente estudo, só é utilizada a tarefa de vogal sustentada [a] sendo que as restantes tarefas serão usados em outros estudos compõem a linha de investigação.

De acordo com Krom (1994) é possível utilizar diferentes tipos de fragmentos de fala para analisar a qualidade vocal, nomeadamente vogais sustentadas, discurso espontâneo e discurso semi-espontâneo. A vogal sustentada é a tarefa que irá servir de referência para as medidas do presente estudo, sendo por isso, a mais explorada. Na literatura são diversos os estudos que utilizam as vogais sustentadas para a realização da avaliação perceptivo-auditiva e acústica da voz. Esta escolha tem por base o facto de as vogais sustentadas representarem a fonação de forma invariável no tempo, ao contrário da fala contínua que envolve alterações rápidas e contínuas dos mecanismos glóticos e supraglóticos para além de que, não são afetadas pela velocidade de fala, pausas ou contexto fonético e articulatório. Para além disto, são mais práticas porque são facilmente compreendidas pelos indivíduos e fáceis de produzir (Maryn et al., 2009; Zraick et al., 2005). O sinal acústico que resulta análise desta tarefa é mais estável o que possibilita estabelecer relação entre a qualidade vocal e o movimento das PV (Revis et al., 1999).

Na prática clínica podem ser pedidas as vogais [a], [i], [u] e [o] (Brockmann et al., 2008; Sussman & Sapienza, 1994). Estas assumem diversas posições articulatórias que influenciam a f_0 , e consequentemente, as suas medidas de perturbação. A vogal [a] é recomendada devido à posição baixa que a língua assume e a um encerramento velofaríngeo mais consistente (Patel et al., 2018). Krom (1994) afirma que a tarefa de vogal sustentada é fiável e consistente apesar da menor duração quando comparada com a tarefa de discurso espontâneo. A emissão da vogal deve ser realizada com altura tonal e intensidade

subjetiva habituais (Dejonckere et al., 2001; Patel et al., 2018) mantendo estes parâmetros o mais estáveis possível. Esta tarefa deverá ser repetida três vezes (Patel et al., 2018). Através da análise da vogal sustentada é possível obter as medidas acústicas: f_0 , SLP/ intensidade, *jitter*, *shimmer*, HNR (Brockmann et al., 2008; Oliveira et al., 2019; Leong et al., 2012; Parsa & Jamieson, 2001), o CPP (Brockmann-Bauser et al., 2019; Lowell et al., 2012; Watts et al., 2017) e o CPPS (Brockmann-Bauser et al., 2019; Hasanvand et al., 2016).

Para a avaliação perceptivo-auditiva utilizou-se uma versão adaptada do CAPE-V. A escolha da escala deveu-se ao facto de ser uma escala contínua o que possibilita uma análise mais sensível e precisa. Esta adaptação teve em conta o facto de, por se possuir um número elevado de amostras vocais, se tornar uma avaliação demasiado extensa para os avaliadores, provocando aumento da fadiga e conseqüente enviesamento dos resultados. Neste caso optou-se por manter os seguintes parâmetros: grau de severidade global, rouquidão, sopro e tensão tendo-se excluído os parâmetros altura tonal, intensidade e ressonância assim como a avaliação da consistência destes parâmetros em diferentes tarefas. Tal justifica-se pela realização da análise, apenas, da vogal sustentada. O painel de peritos que realizou a análise perceptivo-auditiva efetuou o registo de dados numa página *Web* (Apêndice 6) construída especificamente para este propósito.

Para se testar os procedimentos de recolha de dados, nomeadamente o processo de preparação dos materiais, preparação dos participantes e recolha das tarefas vocais realizou-se um teste piloto com um voluntário ao qual se pediu o parecer sobre os métodos utilizados. De acordo com as sugestões realizadas reorganizou-se a ordem das tarefas e alterou-se a forma de expor e conduzir o protocolo.

Para a gravação do sinal de fala utilizou-se o *software lingWAVES Voice Suite Pro* (WEVOSYS®, versão 3.0) com sonómetro *lingWAVES SPL meter II*, um computador portátil da marca HP Intel® Core™ i3 64bits e a aplicação *Online.Lab®* (que inclui microfone próprio para recolha- microfone *BOYA Lavalier* lapela BY-M1) num telemóvel HUAWEI P *Smart* 2019. Foi necessária a utilização de um suporte para o sonómetro. O sistema *lingWAVES* e o microfone utilizado com a aplicação *Online.Lab®* foram cedidos pela área Técnico Científica de Terapia da Fala.

No processo de obtenção dos parâmetros acústicos utilizou-se os *software lingWAVES WEVOSYS®*, versão 3.0) e *praat* (versão 6.1.09). A análise dos dados foi realizada com os *softwares* Microsoft Excel (Microsoft® Excel® 2016) e o *Statistical Package for the Social Sciences* (IBM® SPSS® *Statistics*, Versão 26).

3.4. Procedimentos

O presente estudo foi submetido à Comissão de Ética da Escola Superior de Saúde do Instituto Politécnico do Porto (ESS-P.Porto) e aprovado pela mesma (Anexo 3). Para além disto, pediu-se autorização à Comissão de Ética em Saúde do Hospital Pedro Hispano cujo parecer foi positivo (Anexo 3), tendo a amostra sido partilhada com outro projeto integrado na mesma linha de investigação.

A amostra foi obtida através de 3 processos: um deles consistiu numa seleção dos participantes pelos profissionais de ORL do Hospital Pedro Hispano. Estes identificavam os indivíduos, de acordo com os critérios de inclusão e exclusão definidos para o estudo, e no caso de estes aceitarem participar no estudo informavam a equipa de investigação, que entrava em contacto com os mesmos (por telefone ou presencialmente na consulta de ORL). No segundo processo, os profissionais de ORL encaminhavam os utentes para o serviço de Terapia da Fala, como habitual, onde a TF integrada na equipa de investigação propôs a participação dos mesmos. No terceiro processo, foram convidados funcionários do hospital sem qualquer tipo de patologia vocal que aceitaram participar. Todos os indivíduos foram sujeitos a avaliação na unidade de ORL cujo resultado foi partilhado com a equipa de investigação através do processo clínico.

Após aceitaram participar no estudo, apresentou-se um consentimento informado (Anexo 3) aos participantes, onde constavam os objetivos do estudo e os procedimentos adotados durante a recolha de dados. A confidencialidade dos dados recolhidos foi garantida pela atribuição de um código a cada participante, nos protocolos em papel e nos ficheiros criados a partir das gravações.

A recolha de dados foi realizada numa cabine insonorizada do serviço de Audiologia do Hospital Pedro Hispano de forma a controlar-se as condições ambientais que pudessem ter influência no processo. O nível de ruído dentro da cabine foi sempre medido com o sonómetro antes de se iniciar as gravações, sendo o seu valor inferior a 40 dB. Posicionou-se o suporte com o microfone/sonómetro no meio de uma das extremidades da cabine (dada a disposição dos materiais envolventes) e os participantes foram posicionados na posição de pé, a uma distância de 30 cm do microfone. Esta distância foi controlada durante e entre tarefas com a régua acoplada ao sonómetro. O computador permaneceu em cima de uma mesa voltado para a investigadora responsável por controlar o *software* para as gravações. Após as condições de gravação estarem estabelecidas procedeu-se à aplicação do protocolo de gravação das tarefas vocais.

Foram gravadas amostras de sete tarefas: discurso espontâneo, leitura de frases, leitura em intensidade fraca, leitura em intensidade normal, leitura em intensidade forte, canto, glissando (em toda a extensão tonal), vogal sustentada [a] e emissão das consoantes fricativas [s] e [z] em tempo máximo de emissão. Note-se que as tarefas de discurso espontâneo, leitura, canto e glissando fazem parte do protocolo geral de gravação da investigação, mas não foram usadas no presente trabalho por não contribuírem, particularmente, para os objetivos deste estudo.

A vogal sustentada [a] foi produzida duas vezes. Durante a produção das vogais utilizou-se, simultaneamente, o *software lingWAVES* e a aplicação Online.Lab® para a recolha. Nesta fase, para se conseguir conciliar a recolha com ambos os instrumentos pediu-se ao participante para produzir a vogal sustentada o máximo tempo, iniciando-se a gravação com o *lingWAVES* e só depois se iniciou a gravação com a aplicação. A amostra de vogal sustentada na aplicação tem uma duração de cerca de 4s. Terminada a gravação, os ficheiros foram guardados em formato wav.

3.4.1. Análise perceptivo–auditiva

A análise perceptivo–auditiva das amostras foi realizada por um painel de peritos composto por três terapeutas da fala. O número de peritos e o critério de inclusão definido– ter mais de 5 anos de experiência na área da voz– vão de encontro a alguns estudos referidos na literatura (Almeida et al., 2018). Estes foram contactados por e-mail, sendo-lhes enviada toda a informação necessária sobre o teste: a) escala a utilizar, b) adaptação da escala, c) descrição dos parâmetros a avaliar, e) orientações para controlar as condições de escuta –uso de auscultadores; realização da avaliação de todas as amostras num ambiente calmo e no mesmo período; utilização dos mesmos equipamentos e evitar mudanças no controlo do volume de áudio – e f) duração do teste. Foi também enviado o *link* (individual) para acederem página *web* com o teste e através deste, os peritos tiveram acesso às amostras da vogal sustentada [a] de cada participante e aos parâmetros do CAPE–V a analisar.

Tendo em conta o *n* amostral (inicialmente 12 indivíduos) optou-se por acrescentar 8 amostras de vogais sustentadas de indivíduos externos ao estudo (provenientes da base de dados da linha de investigação), num total de 20 vozes, de forma a aumentar o espectro de vozes em análise e a reduzir a influência do fator memória na avaliação dos peritos, já que 10 destas vozes foram repetidas de forma aleatória ao longo do teste para avaliar a fiabilidade através de medidas repetidas. As amostras externas foram incluídas tendo-se em conta o número de indivíduos por género e o tipo de diagnóstico da amostra inicial. Para além destas, acrescentou-se no início do teste, mais 5 amostras para que os peritos se familiarizassem com os procedimentos e a escala do teste, resultando num teste de 35 amostras para análise. Os resultados obtidos foram guardados na base de dados da equipa de investigação.

3.4.2. Análise acústica

Para a realização da análise acústica recorreu-se ao *software praat*, tendo-se obtido as seguintes medidas da tarefa de vogal sustentada: f_0 média e Dp , intensidade média, Dp da intensidade média, *jitter*, *shimmer*, HNR, CPP e CPPS. Utilizou-se o *praat* uma vez que é um *software* gratuito, de fácil acesso e que é muito utilizado na prática clínica, existindo assim a possibilidade de comparação entre resultados.

Para se obter algumas das medidas anteriormente mencionadas, realizou-se a análise da vogal com o método *mid-vowel method* para analisar a vogal sustentada. Este método indica que se deve seleccionar três segundos do centro da vogal, excluindo-se o início e o fim da mesma (Maryn & Weenink, 2015). Nesta análise utilizou-se uma janela de frequências entre os 75 a 500 Hz.

O DSI foi calculado no Excel tendo em conta a fórmula apresentada sendo que os valores obtidos para cada medida foram extraídos do *praat*.

O CPP foi obtido com o *praat*, seguindo-se as indicações de Hillenbrand et al. (1994) apresentadas na tabela 3:

Tabela 3. Definições para obtenção dos valores de CPP através do praat

a)	Abrir no <i>praat</i> o ficheiro pretendido;
b)	No menu principal, selecionar a opção <i>Sound object</i> , e posteriormente selecionar a opção <i>analyse spectrum</i> ;
c)	Em <i>analyse spectrum</i> selecionar a opção <i>to spectrum</i> ;
d)	No ficheiro obtido, selecionar a opção <i>analyse</i> e escolher <i>to power cepstrum</i> ;
e)	Na opção <i>query</i> selecionar <i>get peak prominence</i> com as seguintes definições: <i>Search peak in pitch range: 60-333.3; Interpolation: Cubic; Trend line quefreny range: 0.001-0; Trend Type: straight; Fit method: robust</i> .

O CPPS foi obtido com o *praat*, seguindo-se as indicações de Brockmann-Bauser et al. (2019) apresentadas na tabelas 4:

Tabela 4. Definições para obtenção dos valores de CPP através do praat

a)	Abrir no <i>praat</i> o ficheiro pretendido;
b)	Na opção <i>filtro</i> , selecionar <i>stop hann band</i> com as definições: <i>0 to 34 Hz, Smoothing 0.1 Hz</i> ;
c)	Em <i>analyse periodicity</i> selecionar <i>to power cepstrogram</i> (utilizar as definições <i>standard</i>);
d)	Na opção <i>query</i> selecionar <i>get CPPS</i> , seguindo as definições: <i>"subtract tilt before smoothing: no"; "Time averaging window: 0.01 s"; "Quenfreny window: 0.001s"; "Peak search pitch range: 60-330Hz"; "Tolerance: 0.05"; "Interpolation: parabolic"; "Tilt line quefreny range: 0.001-0.0s"; "Line type: straight"; "Fit method: robust"</i>

3.4.3. Análise biomecânica

A análise biomecânica das PV foi realizada através da aplicação Online.Lab® tendo-se solicitado o relatório R3. No presente trabalho serão utilizados os dados referentes ao índice de alterações. Foi também utilizado o *score* do perfil de desequilíbrio, calculado com base nos valores do perfil de desequilíbrio recomendado pelos autores da aplicação. Para cada indivíduo somou-se os valores obtidos em cada parâmetro do perfil de desequilíbrio tendo-se obtido um total de 9 valores que variaram entre 2 e 13. O valor mínimo do *score* é 0 e o valor máximo é 24. Valores próximos de 0 são indicativos de uma voz normal e quanto mais elevados os valores associados ao perfil de desequilíbrio maior é a probabilidade de existirem alterações vocais.

4. Resultados

Neste capítulo serão apresentados os resultados da presente investigação. Em primeiro lugar, será apresentada a caracterização da amostra e os dados resultantes das avaliações perceptivo-auditiva, acústica e biomecânica da voz. Posteriormente, serão apresentados os resultados referentes às correlações estatisticamente significativas nos níveis 0.05 e 0.01 estabelecidas entre variáveis.

4.1. Caracterização da amostra

Foi utilizada uma amostra constituída por 9 indivíduos portugueses, 4 do GM e 5 do GF. A cada indivíduo foi atribuído um código passando-se a designar-se cada um por: M1, M3, M4, M5, pertencentes ao GM, e F1, F3, F4, F5, F6 pertencentes ao GF. A amostra inicial era composta por 12 elementos, tendo-se excluído o M2, F2 e F7 uma vez que a aplicação Online.Lab® não realizou uma análise válida das amostras correspondentes a estes indivíduos devido ao grau de aperiodicidade dos sinais correspondentes. As idades dos indivíduos estão compreendidas entre os 20 e os 70 anos. A idade média do GF situa-se nos 31.8 anos e a do GM nos 57.7 anos. O DP para o GF é 15.3 anos e para o GM é 14.5 anos. Estes dados podem ser observados na tabela 7:

Tabela 5. Caracterização demográfica da amostra

Género	n	Idade			
		Mínimo	Máximo	Média	Dp
Masculino	4	34	70	57.7	16.74
Feminino	5	20	56	31.8	15.30

Os diagnósticos atribuídos pelo médico otorrinolaringologista encontram-se resumidos na tabela 8:

Tabela 6. Diagnóstico clínico ORL da amostra

Diagnóstico ORL	
M1	Sem alterações
M3	Tensão laríngea; PV direita cicatrizada (exérese de lesão granulomatosa)
M4	Sem alterações
M5	Paresia da PV esquerda em posição paramediana
F1	Esboço nodular da transição do 1/3 anterior- 1/3 posterior das PV
F3	Disfonia de tensão
F4	Sem alterações
F5	Sem alterações
F6	Disfonia de tensão e refluxo faringolaríngeo

Tendo em conta os dados da tabela 8, realizou-se a caracterização da amostra de acordo com a origem da alteração. Para este efeito, utilizou-se a classificação de Behlau e Pontes (1995) citado por Behlau et al. (2001). Assim, verifica-se que 1 indivíduos apresenta alterações de origem orgânica (parésia da PV esquerda em posição paramediana), 1 indivíduo apresentou alteração de origem orgânico-funcional (esboço nodular da transição do 1/3 anterior- 1/3 posterior das PV), 3 indivíduos apresentaram alterações de origem funcional (disfonia de tensão muscular, um deles com refluxo faringolaríngeo associado) e 4 indivíduos não apresentaram alterações. Por fim, foi atribuído um novo código de acordo com a origem da alteração (orgânica, orgânico-funcional, funcional ou sem alterações), número e género. Esta caracterização é apresentada na tabela 9:

Tabela 7. Caracterização da amostra com base na classificação de disфонia de Behlau e Pontes (1995) e o gênero

Disфонia	N	Gênero	N	Código
Orgânica (O)	1	GM	1	O5M
Orgânico-funcional (Of)	1	GF	1	Of1F
Funcional (f)	3	GM	1	f3M
		GF	2	f3F
				f6F
Sem alterações (VN)	4	GM	2	VN1M
				VN4M
		GF	2	VN4F
				VN5F

Legenda: VN (Voz normal); f (Disфонia funcional); O (Disфонia orgânica); Of (Disфонia orgânico-funcional); M (masculino); F (feminino)

4.2. Resultados de análise perceptivo-auditiva

Neste subcapítulo serão apresentados os resultados relativos à análise da fiabilidade inter e intra-avaliador e os valores médios dos resultados da análise perceptivo-auditiva para cada indivíduo.

4.2.1. Análise da fiabilidade

Procedeu-se à avaliação da fiabilidade da avaliação perceptivo-auditiva realizada pelos três peritos tendo-se calculado os coeficientes de correlação intra-avaliador e inter-avaliador. Na avaliação da fiabilidade intra-avaliador, cada perito avaliou duas vezes um subconjunto composto por 10 vozes repetidas em relação à amostra total. Os resultados, apresentados na tabela 5, foram obtidos através do cálculo do coeficiente de correlação de *Pearson* (r).

Tabela 8. Coeficientes de correlação intra-avaliador (correlação de *Pearson* (r))

Peritos	Coeficientes de correlação de <i>Pearson</i> (r)			
	Grau de disфонia	Grau de rouquidão	Grau de soproidade	Grau de tensão
Perito 1	0,98	0,93	0,80	0,80
Perito 2	0,90	0,80	0,30	0,96
Perito 3	0,89	0,91	0,80	0,93

Considerou-se que os avaliadores foram fiáveis uma vez que obtiveram um coeficiente de correlação de *Pearson* (r) superior a 0,8 para a mesma amostra vocal, embora para um dos avaliadores o grau de soproidade tenha apresentado um coeficiente de correlação de *Pearson* reduzido.

A avaliação da fiabilidade inter-avaliador do painel de peritos foi calculada através do coeficiente de correlação intra-classe (ICC) com o modelo aleatório a dois fatores e um intervalo de confiança de 95% (Koo & Li, 2016) Este processo possibilita determinar a equivalência entre classificações obtidas com o mesmo

instrumento utilizado por diferentes avaliadores (Kimberlin & Winterstein, 2008). Os resultados estão apresentados na tabela 6, tendo-se considerado o valor de medidas médias.

Tabela 9. Coeficiente de correlação intra-classe (ICC) para as componentes do CAPE-V

Coeficiente de correlação intra-classe (ICC)				
	Grau de Disfonia	Grau de Rouquidão	Grau de Soprosidade	Grau de Tensão
Medidas médias	0,96	0,87	0,89	0,93

A validade de critério concorrente entre o método de análise biomecânica Online.Lab® e os restantes métodos de referência foi calculada através do coeficiente da correlação de *Spearman*, comparando o *score* do perfil de desequilíbrio com os referenciais de análise acústica DSI, CPP, CPPS e de avaliação áudio-perceptiva Grau de disfonia. Considerou-se as correlações com os níveis de significância 0.05 e 0.01.

Utilizou-se o coeficiente de correlação de *Spearman* para se estimar o grau de associação entre os parâmetros do índice de alterações com as medidas perceptivo-auditivas e acústicas. Considerou-se as correlações com os níveis de significância 0.05 e 0.01.

4.2.2. Valores das medidas perceptivo-auditivas

Na tabela 10 são apresentados os valores das medidas perceptivo-auditivas grau de disfonia, grau de rouquidão, grau de soprosidade e grau de tensão, para cada indivíduo de acordo com o seu género e diagnóstico.

Tabela 10. Valores das medidas perceptivas para cada indivíduo de acordo com o diagnóstico e o género

	VN1M	f3M	VN4M	O5M	Of1F	f3F	VN4M	VN5F	f6F
Grau de disfonia	22	78	11	19	25	39	5	2	0
Grau de rouquidão	3	66	10	24	21	33	3	0	0
Grau de soprosidade	0	63	0	9	34	18	5	0	0
Grau de tensão	32	71	15	22	17	48	7	7	6

Legenda: VN (Voz normal); f (Disfonia funcional); O (Disfonia orgânica); Of (Disfonia orgânico-funcional); M (masculino); F (feminino)

Com base na tabela 10 verifica-se que o grau de disfonia varia entre 0 e 78. O grau de rouquidão varia entre 0 e 66. O grau de soprosidade varia entre 0 e 63 e o grau de tensão varia entre 6 e 71. Observa-se que, apesar do tamanho da amostra, existe alguma variabilidade na distribuição dos indivíduos ao longo da escala para os diferentes parâmetros perceptivo-auditivos.

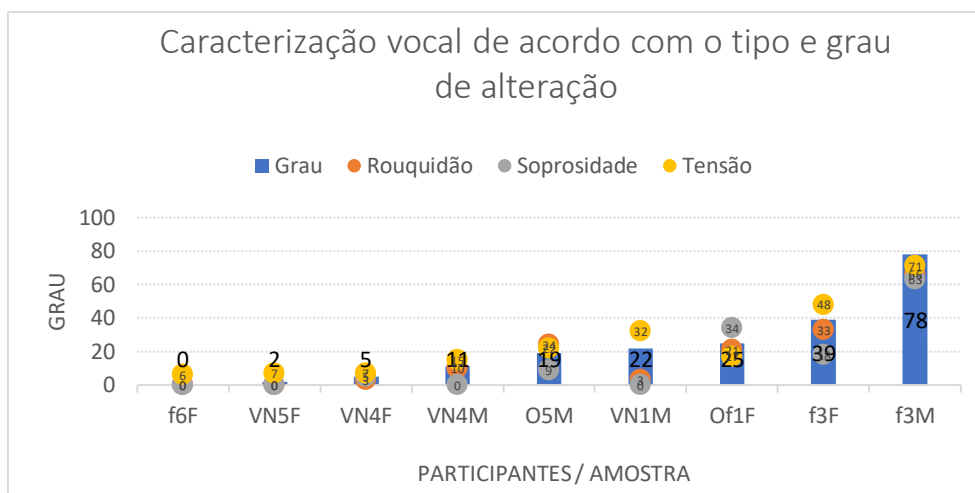


Figura 3. Caracterização vocal da amostra de acordo com o tipo e o grau de alteração (por ordem crescente)

Observando-se a figura 3, verifica-se que os indivíduos estão organizados por ordem crescente do grau de disfonia. Os valores mais elevados do grau de disfonia corresponderam a indivíduos com alterações funcionais. Os parâmetros grau de soprosidade e grau de tensão foram os que surgiram mais vezes ao contrário do grau de rouquidão.

Neste seguimento, reorganizou-se os indivíduos por grau de disfonia. Considerando-se que o grau de disfonia varia de 0 a 100, os indivíduos foram reunidos em 4 grupos: voz sem alterações (SA- 0 a 10), desvio ligeiro (DL- 11 a 50), desvio moderado (DM- 51 a 90) e desvio severo (DS- 91 a 100). De acordo com este ajuste, verifica-se que 3 indivíduos apresentam voz sem alterações, 5 indivíduos apresentam DL, 1 indivíduo apresenta DM e nenhum indivíduo apresenta DS.

4.3. Resultados de análise acústica

Neste subcapítulo serão apresentados os valores relativos às medidas acústicas f_0 média, Dp de f_0 , intensidade média e Dp da intensidade, *jitter*, *shimmer*, HNR, CPP, CPPS e DSI.

Na tabela 11 são apresentados os valores médios relativos à f_0 média, Dp de f_0 , intensidade média e Dp da intensidade, de acordo com o grau do desvio.

Tabela 11. Valores médios das medidas acústicas f_0 média, Dp de f_0 , intensidade média e Dp da intensidade, organizados por grau de disfonia

Medidas	Amostra total (n= 9)		SA (n=3)		DL (n=5)		DM (n=1)	
	Média	Dp	Média	Mín ²³ -Max.	Média	Mín.-Max.	Média	Mín.-Max.
f_0 média (Hz)	GM:127	GM: 34	GF:209	193-236	GM: 111	GM: 98-122	GM:176	-
	GF: 208	GF:17			GF: 206	GF: 206-207		
Dp de f_0	GM:1.94	GM:1.7	GF:1.39	1.05-4.45	GM:1.10	1.05-1.18	GM:4.45	-
	GF:2.05	GF:0.9			GF: 3.05	GF: 3.04-3.06		

²³ Min.- Mínimo e Máx.-Máximo (Limite mínimo e máximos entre os quais variam os valores da referida tarefa)

	Amostra total (n=9)		SA (n=3)		DL (n=5)		DM (n=1)	
Intensidade média (dB)	54	7.2	54.17	41.60-65.00	56.69	50.3-65	41.6	-
Dp da intensidade	1.25	0.5	1.01	0.3	1.32	0.6	1.63	

Com base nos valores apresentados na tabela 11 verifica-se que, tendo em conta toda a amostra, a f_0 média no GM é 127.31 Hz e 207.71 Hz no GF. De acordo com o grau de disfonia, verifica-se que no GF a f_0 média diminuiu ligeiramente entre o grupo SA e o grupo DL. Por sua vez, no GM a f_0 média aumentou com o aumento do desvio. O Dp f_0 média de no GM é 1.94 e no GF 2.05 Hz, e tendo em conta o grau de disfonia verifica-se que os seus valores aumentaram em ambos os géneros. A intensidade média no n total foi cerca de 54 dB sendo que os seus valores sofreram variações de acordo o grau de disfonia. Os valores do Dp da intensidade aumentaram com o aumento do grau de disfonia.

Na tabela 12 são apresentados os valores médios das medidas de perturbação *jitter*, *shimmer* e HNR.

Tabela 12. Valores médios das medidas acústicas *jitter*, *shimmer* e HNR organizadas por grau de disfonia

Medidas	Amostra total (n=9)		SA (n=3)		DL (n=5)		DM (n=1)	
	Média	Dp	Média	Mín.-Max.	Média	Mín.-Max.	Média	Min.-Max.
Jitter local (%)	1.02	1.1	0.45	0.40-0.48	1.28	0.31-3.49	1.41	-
Shimmer local (%)	7.89	5.0	5.19	3.87-7.84	7.79	3.03-13.80	16.43	-
HNR (dB)	12.78	5.8	16.94	13.87-18.95	11.89	4.50-18.42	4.8	-

Na tabela 12 é possível observar que os valores de *jitter* e *shimmer* aumentaram de acordo com o aumento do grau de disfonia. Com a medida HNR verifica-se que ocorre o oposto, havendo uma diminuição dos valores de HNR com o aumento do grau de disfonia.

Na tabela 13 são apresentados os valores médios relativos às medidas acústicas CPP, CPPS e DSI.

Tabela 13. Valores médios das medidas acústicas CPP, CPPS e DSI organizadas por grau de disfonia

Medidas	Amostra total (n=9)		SA (n=3)		DL (n=5)		DM (n=1)	
	Média	Dp	Média	Mín.-Max.	Média	Mín.-Max.	Média	Min.-Max.
CPP (dB)	38.79	4.0	42.33	39.53-44.65	38.12	35.13-41.02	31.54	-
CPPS (dB)	14.88	4.2	14.05	11.27-17.67	16.72	10.40-19.10	8.2	-
DSI	2.94	1.4	3.71	2.98-4.38	2.93	0.69-4.00	0.7	-

Com base na tabela 13 verifica-se que os valores de CPP, CPPS e DSI variaram inversamente ao grau de disfonia, isto é, quanto maior o grau de disfonia menores são valores associados a estas medidas.

4.4. Resultados de análise biomecânica

Neste subcapítulo são apresentados os valores relativos ao *score* do perfil de desequilíbrio e índice de alterações.

Na tabela 14 são apresentados os valores médios do *score* do perfil de desequilíbrio de acordo com o grau de disfonia.

Tabela 14. Valores médios do *score* do perfil de desequilíbrio (análise biomecânica), organizados por grau de disfonia

Medidas	Amostra total (n= 9)		SA (n=3)		DL (n=5)		DM (n=1)	
	Média	Dp	Média	Mín.-Max.	Média	Mín.-Max.	Média	Min.-Max.
Score do Perfil de Desequilíbrio	6.33	3.8	6	3-9	6.60	2-13	9	-

O perfil de desequilíbrio é uma parte da análise biomecânica que analisa o perfil da voz de forma global, sendo composto por 7 parâmetros. Na presente investigação adaptou-se este perfil, tendo-se calculado o *score* do perfil de desequilíbrio (para cada indivíduo somou-se os valores obtidos em cada parâmetro do perfil de desequilíbrio, que variaram entre 2 e 13. O valor mínimo do *score* é 0 e o valor máximo é 21. Valores próximos de 0 são indicativos de uma voz normal e quanto mais elevados os valores associados ao perfil de desequilíbrio maior é a probabilidade de existirem alterações vocais).

Na tabela 14 é possível observar que este perfil varia diretamente com o grau de disfonia, isto é, os seus valores aumentam com o aumento do grau de disfonia.

Na tabela 15 são apresentados os valores relativos aos parâmetros do índice de alterações para cada indivíduo.

Tabela 15. Valores dos parâmetros do índice de alterações (análise biomecânica) para cada indivíduo

Grupos		VN1GM	f3GM	VN4GM	O5GM	O1GF	f3GF	VN4GF	VN5GF	f6GF
A	P01(Hz) ²⁴	123.2	220.5	114.5	98.7	205.1	213	237.1	196.9	192.6
B	P02 ²⁵	1	0.5	1	1	1	0.5	1	1	1
	P03(%) ²⁶	0	38.3	0	0	0	0	0	0	0
C	P04(%) ²⁷	63	35.9	48.1	64.1	24.3	29.1	43.9	72	55.2
	P05(%) ²⁸	37	64.1	51.9	35.9	75.7	70.9	56.1	28	44.8
	P06(%) ²⁹	33.6	28.8	45.7	25.1	57.9	51.5	35.4	20.4	36.7
	P07(%) ³⁰	3.4	35.4	6.2	10.8	17.8	19.4	20.6	7.6	8.0
D	P08(u.r.) ³¹	18.4	12	48.6	32.8	36.8	315.4	7.3	4.9	126.9
	P09(u.r.) ³²	1158.1	430.7	2334.4	2101.7	893.9	9185.6	321.9	353.2	7018.4
E	P10(u.r.) ³³	1.2	0.3	0.6	1.2	0	0.0	0.5	1.4	0.8
	P11 (u.r.) ³⁴	0	-0.047546	-0.00453	-0.00944	-0.087007	0	-0.004847	0	0
	P12(u.r.) ³⁵	0	39.4	24.2	22.2	100	0	33.7	0	0
F	P13 (u.r.) ³⁶	8.6	74.6	96.2	164.3	24.7	18.1	0.6	1.8	0.3
G	P14(u.r.) ³⁷	1.7	1	5.5	2.4	3.3	17.6	0.8	0.5	7.1
H	P15(u.r.) ³⁸	252.1	65.2	218.6	449	0	87.4	87.3	288	221.2
	P16 u.r.) ³⁹	147.9	192.4	259.7	143.6	302.8	212.6	168.3	56	89.4
	P17 (u.r.) ⁴⁰	-20	-63.7	-9	40.1	-100	0	-33.7	33.3	-20
	P18(u.r.) ⁴¹	300	200	400	300	300	200	200	100	100
I	P19(u.r.) ⁴²	95	95	95	95	95	0	95	95	95
	P20(u.r.) ⁴³	0	0	0	0	0	2.2	0	0	0

Legenda: A vermelho estão os parâmetros cujos valores são patológicos (de acordo com os autores) e a verde estão os parâmetros, cujos valores, estão dentro do limiar de normalidade ou limiar de alteração funcional

²⁴ Corresponde à f_0 .

²⁵ Corresponde à regularidade dos encerramentos intermédios antes do encerramento glótico máximo.

²⁶ Estabelece a falta de sincronia exata na posição das PV durante o movimento de aproximação e separação.

²⁷ Medida da duração da fase fechada em relação ao ciclo completo das PV.

²⁸ Medida da duração da fase aberta em relação ao ciclo completo das PV.

²⁹ Medida da duração da fase de abertura em relação a um ciclo completo das PV.

³⁰ Medida da duração da fase de encerramento em relação a um ciclo completo das PV.

³¹ Medida da tensão (resultante da ação dos músculos adutores) nas PV durante o encerramento.

³² Traduz a capacidade das PV em manter tensão ao longo do tempo

³³ Avalia se o encerramento glótico é eficaz para aumentar a P_{sub} e que a abertura é adequada, permitindo a passagem do ar.

³⁴ Correlação entre a fenda glótica e a amplitude dessa alteração.

³⁵ Relação entre a influência da fenda glótica e a área glótica total.

³⁶ Correlaciona-se com a instabilidade associada à presença de tensão resultante da ação muscular.

³⁷ Relaciona-se com a amplitude do movimento nas bordas livres das PV

³⁸ Valor relativo da quantidade de onda de mucosa observada na borda livre das PV durante a fase de encerramento.

³⁹ Valor relativo da quantidade de onda mucosa observada na borda livre das PV durante a fase de abertura.

⁴⁰ Valor correspondente ao desvio da onda mucosa na fase fechada.

⁴¹ Valor correspondente ao desvio da onda mucosa na fase de abertura.

⁴² Valor preditivo dos comportamentos fonatórios que estão no estágio anterior à formação ou consolidação da lesão de massa.

⁴³ Valor que se correlaciona com a presença de uma lesão de massa consolidada.

Na tabela 16 são apresentados os valores médios relativos aos parâmetros do índice de alterações organizados por grau de disфонia.

Tabela 16. Valores médios dos parâmetros do índice de alterações (análise biomecânica) por grau de disфонia

Medidas	Amostra total (n= 9)		SA (n=3)		DL (n=5)		DM (n=1)	
	Média	Dp	Média	Mín.-Max.	Média	Mín.-Max.	Média	Min.-Max.
P01 (Hz)	177.96	51.4	208.8 7	192.6-237.1	150.90	98.7-213	220.5	-
P02	0.94	0.2	1	1	1	0.5-1	0.5	-
P03 (%)	4.26	12.8	0	0	0	0	38.3	-
P04 (%)	48.40	16.60	57.03	43.9-72	45.72	24.3-64.1	35.9	-
P05 (%)	51.60	16.60	42.97	28-56.1	54.28	35.9-75.7	64.1	-
P06 (%)	37.23	12.4	30.83	20.4-36.7	42.76	25.1-57.9	28.8	-
P07 (%)	14.36	10	12.07	7.6-20.6	11.52	3.4-19.4	35.4	-
P08 (u.r.)	74.48	104.5	65.90	4.9-126.9	90.40	18.4-315.4	12	-
P09 (u.r.)	2644.21	3223.5	2569.5	321.9-7018.4	3134.7 4	893.9- 9185.6	430.7	-
P10 (u.r.)	0.667	0.5	0.90	0.5-1.4	0.60	0-1.2	0.3	-
P11 (u.r.)	-0.02	0	0	-0.0048-0	-0.02	-0.0094-0	- 0.0475	-
P12 (u.r.)	24.39	32.4	11.23	0-33.7	29.28	0-100	39.4	-
P13 (u.r.)	43.24	57.0	0.90	0.3-1.8	62.38	8.6-164.3	74.6	-
P14 (u.r.)	4.43	5.4	2.80	0.5-7.1	6.10	1.7-17.6	1	-
P15 (u.r.)	185.42	139.1	198.83	87.3-288	201.42	143.6- 302.8	65.2	-
P16 (u.r.)	174.74	77.8	104.57	56-168.4	213.32	143.6- 302.8	192.4	-
P17 (u.r.)	-19.22	44	-6.80	-33.7- (-20)	-17.78	-100-40.1	-63.4	-
P18 (u.r.)	233.33	100	133.33	100-200	300	200-400	200	-
P19 (u.r.)	84.44	31.7	95	95	76	0-95	95	-
P20 (u.r.)	0.24	0.7	0	0	0.44	0-2.2	0	-

As tabelas 15 e 16 refletem a variação dos parâmetros de análise biomecânica que constituem o índice de alterações. Na tabela 15, observa-se que os parâmetros mais alterados são o P06, P07, P09, P10, P13, P14, P15, P16, P18 e P19. Os indivíduos que apresentam mais alterações são os que têm alterações de origem funcional.

Na tabela 16 é possível observar a variação dos parâmetros de acordo com o grau de disфонia. Os valores de P01 e P02 diminuíram com o aumento do grau de disфонia. O P03 aumentou para o desvio moderado. P04 e P05 apresentam variações inversas: os valores de P04 diminuem com o aumento do grau de disфонia e os valores de P05 aumentam com a diminuição dos valores do grau de disфонia. Os valores de P06 e P07 variam entre os diferentes graus sem ordem específica assim como P08 e P09. Os valores de P10 e P11 diminuem com o aumento do grau de disфонia bem como o P12 e P13. P14, P15, P16, P17 e P18 mostram variação entre os grupos de diferentes graus de disфонia. P19 e P20 permanecem mais ou menos constantes entre os grupos.

4.4.1. Correlação entre o score do Perfil de desequilíbrio e medidas perceptivas e acústicas

Com o presente estudo pretende-se contribuir para a validação de um instrumento de análise biomecânica da voz, a aplicação Online.Lab®. Para o objetivo 1 do trabalho – *Determinar a validade de critério concorrente da aplicação Online.Lab® (score do perfil de desequilíbrio) com base em protocolos de avaliação perceptivo-auditiva e acústica* – obtiveram-se as correlações apresentadas na tabela 17. Aqui apenas serão apresentados os resultados dos parâmetros que obtiveram relação estatística significativa através do coeficiente de correlação de Spearman.

Tabela 17. Correlação entre o score do perfil de desequilíbrio (análise biomecânica) e as medidas perceptivas (grau de disфонia) e medidas acústicas (CPP, CPPS e DSI)

	CAPE-V		Praat	
	Grau de disфонia	CPP	CPPS	DSI
Score do Perfil de Desequilíbrio	0.443	-0.707*	-0.698*	-0.618

Legenda: Valores do coeficiente de correlação de Spearman a um nível de significância de 0.05*

Através dos resultados apresentados na tabela 17, obtidos através do coeficiente de correlação de Spearman, verifica-se que o score do perfil de desequilíbrio estabelece correlação negativa com as medidas de base acústica CPP e CPPS. Não se obteve correlações estatisticamente significativas para o grau de disфонia e DSI.

4.4.2. Correlação entre o Índice de alterações e medidas perceptivas e acústicas

Para o objetivo 2 do trabalho – *Comparar os resultados da análise biomecânica da voz (Índice de alterações) com os resultados das análises perceptivo-auditiva (grau de disфонia, grau de rouquidão, grau de sopro e grau de tensão) e acústica (jitter, shimmer, HNR, f₀ média, Dp de f₀, intensidade média, Dp da intensidade média, CPP, CPPS e DSI)* – obtiveram-se as correlações apresentadas nas tabelas 18, 19, 20 e

21. Adiante apenas serão apresentados os resultados dos parâmetros que obtiveram relação estatística significativa através do coeficiente de correlação de *Spearman*.

Tabela 18. Correlação entre os parâmetros do índice de alterações (análise biomecânica) com as medidas perceptivas (grau de disфонia, rouquidão, soprosidade e tensão)

	Grau de Disфонia	Grau de Rouquidão	Grau de Soprosidade	Grau de Tensão
P02	-0.725 *	-0.731 *	-0.649	-0.728 *
P04	-0.617	-0.571	-0.705 *	-0.360
P05	0.617	0.571	0.705 *	0.360
P07	0.450	0.588	0.836 **	0.310
P10	-0.622	-0.623	-0.733 *	-0.380
P11	-0.444	-0.566	-0.723 *	-0.267
P13	0.567	0.740 *	0.435	0.594

Legenda: Valores do coeficiente de correlação de *Spearman* com níveis de significância de 0.05* e 0.01**

Através dos resultados apresentados na tabela 18, obtidos através do coeficiente de correlação de *Spearman*, verifica-se que P02 (regularidade) se correlaciona, de forma negativa, com o grau de disфонia, rouquidão e tensão. O P04 (fase fechada) assim como o P10 (índice de eficiência) e P11 (amplitude da fenda), correlaciona-se com o grau de soprosidade de forma negativa. P05 (fase aberta) e P07 (fase de encerramento) correlacionam-se com o grau de soprosidade de forma positiva. Por fim, P13 (instabilidade) correlaciona-se com o grau de rouquidão de forma positiva.

Tabela 19. Correlação entre os parâmetros do índice de alterações (análise biomecânica) com as medidas acústicas (f_0 média, Dp de f_0 , intensidade média e Dp da intensidade média)

	f_0 média	Dp de f_0	Intensidade média	Dp da Intensidade
P01	0.733 *	0,683 *	-0.483	-0.083
P08	0.067	-0.350	0.783 *	-0.033
P09	-0.150	-0.400	0.900 * *	-0.017
P11	0.165	-0.070	0.705 *	-0.435
P12	-0.009	0.070	-0.722 *	0.418
P13	-0.700 *	-0.233	-0.100	0.683 *
P14	0.067	-0.350	0.783 *	-0.033
P18	-0.459	-0.685 *	0.035	0.364

Legenda: Valores do coeficiente de correlação de *Spearman* com níveis de significância de 0.05* e 0.01**

Através dos resultados apresentados na tabela 19, obtidos através do coeficiente de correlação de *Spearman*, observa-se que P01 (f_0) correlaciona-se, de forma positiva com f_0 média e com o Dp de f_0 . P08 (índice de tensão), P09 (força de encerramento glótico), P11 e P14 (amplitude de vibração) correlacionam-se com a intensidade média de forma positiva. P12 também se correlaciona com a intensidade média mas de

forma negativa. P13 correlaciona-se de forma positiva com f_0 média e o Dp da intensidade. P18 (rácio de adequação da abertura da onda mucosa) correlaciona-se de forma negativa com o Dp de f_0 .

Tabela 20. Correlação entre os parâmetros do índice de alterações (análise biomecânica) com as medidas de perturbação (*jitter*, *shimmer* e HNR)

	<i>Jitter</i>	<i>Shimmer</i>	HNR
P01	0.678 *	0.728 *	-0.500
P02	-0.624	-0.728 *	0.725 *
P04	-0.753 *	-0.661	0.617
P05	0.753 *	0.661	-0.617
P07	0.803 **	-0.917 **	-0.717 *
P10	-0.785 *	-0.700 *	0.655

Legenda: Valores do coeficiente de correlação de *Spearman* com níveis de significância de 0.05* e 0.01**

Através dos resultados apresentados na tabela 20, obtidos através do coeficiente de correlação de *Spearman*, observa-se que o P01 estabelece correlação positiva com o *jitter* e o *shimmer*. O P02 estabelece correlação positiva o HNR e correlação negativa com o *shimmer*. O P04 correlaciona-se de forma negativa com o *jitter*. O P05, pelo contrário, correlaciona-se de forma positiva com o *jitter*. O P07 correlaciona-se de forma positiva com o *jitter* e de forma negativa com o *shimmer* e HNR. O P10 correlaciona-se de forma negativa com o *jitter* e o *shimmer*.

Tabela 21. Correlação entre os parâmetros do índice de alterações (análise biomecânica) com as medidas acústicas (CPP, CPPS e DSI)

	CPP	CPPS	DSI
P02	0.621	0.207	0.731*
P04	0.700*	0.350	0.655
P05	-0.700*	-0.350	-0.655
P07	-0.633	-0.750*	-0.706*
P10	0.723*	0.345	0.725*
P11	0.740*	0.714*	0.382
P12	-0.688*	-0.696*	-0.434
P13	-0.700*	-0.33	-0.420
P16	-0.733*	-0.100	-0.605

Através dos resultados apresentados na tabela 21, obtidos através do coeficiente de correlação de *Spearman*, observa-se que o P02 estabelece correlação positiva com o DSI. O P04 correlaciona-se de forma positiva com o CPP. O P05, ao contrário do que acontece com o P04, correlaciona-se de forma negativa com o CPP. O P07 correlaciona-se de forma negativa com o CPPS e DSI. O P10 correlaciona-se de forma positiva com o CPP e DSI. O P11 correlaciona-se de forma positiva com o CPP e CPPS. O P12 (tamanho da fenda) correlaciona-se de forma negativa com o CPP e CPPS. P13 e P16 correlacionam-se, de forma negativa, com o CPP.

5. Discussão

A avaliação das perturbações vocais deve ser realizada de forma multidimensional (Dejonckere et al., 2001; Patel et al., 2018), e inclui, entre outras, a observação da dinâmica vibratória das PV através de métodos de imagem laríngea. Esta avaliação é essencial no processo de avaliação da voz, existindo diversos parâmetros que possibilitam uma descrição quantitativa deste processo (Schwarz et al., 2008).

Através do presente estudo pretendeu-se investigar a aplicação Online.Lab® e contribuir para a sua validação ao nível da validade de critério concorrente. Apesar de, tal como descrito previamente, não haver informação disponível sobre os algoritmos e pressupostos teóricos associados aos parâmetros por si avaliados estes são, pela terminologia selecionada e descrição efetuada, comuns a outros parâmetros descritos na literatura, decorrentes das análises estroboscópica, videolaringoscopia ultra-rápida, electroglotografia ou filtragem inversa. Apesar de estes serem os métodos usualmente apontados para realizar análise biomecânica da voz, apenas a filtragem inversa é possível com base na análise acústica do sinal vocal, e mesmo esta é preferencialmente realizada com base na análise do fluxograma. Assim, uma vez que o sistema Online.Lab® usa a análise de um sinal acústico realizada numa amostra curta de vogal sustentada, neste estudo optou-se por estudar a validade concorrente tendo como referência outras medidas acústicas, que usualmente recorrem ao mesmo comportamento vocal, a vogal sustentada.

Uma das limitações deste estudo revela-se no n amostral reduzido. As recolhas estavam programadas para serem realizadas entre 2 a 3 meses e tinha-se como objetivo recolher cerca de 50 amostras vocais. Este percurso iniciou-se em meados de fevereiro tendo sido limitado em março devido à pandemia provocada pela COVID-19 que levou à suspensão de serviços não urgentes nos hospitais. Nesse momento, a equipa de investigação tinha conseguido recolher 12 amostras vocais. Mesmo após o levantamento destas restrições, a equipa optou por manter as 12 amostras e avançar com o estudo uma vez que, dadas as características do processo de recolha, o grau de exposição ao vírus aumentaria consideravelmente.

Os dados relativos aos 12 indivíduos foram enviados para análise através da aplicação Online.Lab® para se obter a informação biomecânica. Neste processo, foram excluídos 3 indivíduos pela própria aplicação devido ao elevado grau de aperiodicidade do sinal. É de salientar que foram cumpridos todos os requisitos de recolha sugeridos pelos autores, desde a distância ao microfone, materiais utilizados e observação da qualidade do sinal visto que durante a recolha é possível observar no ecrã do telemóvel uma barra horizontal que muda de cor de acordo com a qualidade do sinal recolhido (verde para um sinal com qualidade e tons que variam do laranja ao vermelho, para sinais com qualidade inferior). Esta exclusão, para além de limitar o n amostral, limitou também a representatividade de vozes com um maior grau de alteração no estudo. Este poderá ser um aspeto a ter em conta no momento de escolha desta aplicação, sugerindo-se a realização de estudos mais aprofundados sobre a capacidade de avaliação em casos moderados a severos de disфонia. Salvaguarda-se o facto de que os dados obtidos não são representativos para a população e, por isso, não permitem generalizar conclusões, continuando a ser necessários estudos mais alargados de validação.

Outra limitação relacionada com a aplicação é a própria definição de cada conceito cuja interpretação pode ser complexa e que fica a cargo do profissional que a usa. O grupo que desenvolveu o Online.Lab® tem disponível um manual e publica alguns casos no seu site, blog e canal YouTube. Contudo, os materiais disponíveis carecem de desenvolvimento para facilitar a leitura e interpretação dos resultados.

O primeiro objetivo definido para este estudo foi determinar a validade de critério concorrente da aplicação Online.Lab® (*score* do perfil de desequilíbrio) com base em protocolos de avaliação perceptivo-auditiva e acústica. Os resultados obtidos permitem descrever correlações estatisticamente significativas entre o *score* do perfil de desequilíbrio e medidas de base acústica. Assim, verifica-se que o *score* do perfil de desequilíbrio estabeleceu correlação negativa com as medidas de base acústica CPP e CPPS. O perfil de desequilíbrio estuda o perfil da voz de forma global tendo em conta parâmetros relacionados com alterações estruturais com efeito de massa, com o encerramento glótico, as fases do ciclo glótico, a onda mucosa, a presença de fenda e assimetria no movimento vibratório das PV (Voice Clinical Systems, 2017). Os valores deste perfil variam de 0 a 21 sendo que quanto mais próximos de 0 forem os valores resultantes desta análise, mais próxima da normalidade será a voz. O CPP é uma medida de base acústica que segundo alguns autores se tem mostrado promissora na diferenciação de vozes disfónicas e não disfónicas (Watts, Awan & Maryn, 2017) e representa o grau de periodicidade do sinal de voz (Hillenbrand & Houde, 1996; Watts, Awan & Maryn, 2017). Valores elevados desta medida são indicativos de uma f_0 e estrutura harmónica bem definidas (Awan & Roy, 2009; Heman-Ackah et al., 2003) o que se reflete na qualidade vocal do indivíduo. O CPPS é uma versão suavizada do CPP que fornece informações mais claras sobre o sinal (Brockmann-Bauser et al., 2019; Hasanvand et al., 2016). Tendo em conta esta informação verifica-se que o *score* do perfil de desequilíbrio e as medidas CPP e CPPS variam em sentidos opostos. Os resultados sugerem que quanto mais elevados forem os valores associados ao perfil de desequilíbrio, representativos de uma voz alterada, mais baixos serão os valores associados ao CPP e CPPS o que vai de encontro à literatura consultada. Assim, este perfil poderá ser um resultado da análise biomecânica a valorizar durante a avaliação das perturbações da voz, pois os resultados apontam para níveis de validade concorrente adequados, tendo em conta o CPP e o CPPS, duas medidas bastante robustas para representar a qualidade vocal. Contudo, o DSI (medida acústica composta de vários parâmetros) e o grau de disфонia (medida perceptiva) não obtiveram correlação com o *score* do perfil de desequilíbrio, apesar de também estes serem fortemente associados com o CPP e CPPS (Wuyts et al., 2000; Lowell et al., 2013). Considerando que o presente estudo foi realizado com uma amostra bastante reduzida e com pouca representação de graus intermédios e extremos de disфонia, não é possível extrapolar conclusões. Contudo, os resultados dão resposta ao primeiro objetivo proposto com esta investigação, concluindo-se que o *score* do perfil de desequilíbrio relaciona-se com duas das três principais medidas de critério de base acústica seleccionadas.

O segundo objetivo proposto com esta investigação foi a realização de uma comparação entre os resultados da análise biomecânica da voz, através da aplicação Online.Lab®, com os resultados das análises perceptivo-auditiva e acústica. A análise dos resultados será realizada por grupo.

O grupo A é constituído pelo P01, que estabeleceu correlação positiva com os valores de f_0 média, Dp da f_0 , *jitter* e *shimmer*. O P01 corresponde, segundo os autores da aplicação à f_0 . Dada esta informação, as correlações estabelecidas seriam de esperar para a medida análoga, f_0 média e Dp da mesma. Contudo, o *jitter* e o *shimmer* são medidas de perturbação ciclo-a-ciclo (Baken & Orlikoff, 2010; Behlau et al., 2001), não sendo justificável uma relação direta com P01.

O grupo B é constituído por dois parâmetros (P02 e P03), que permitem avaliar o ritmo e regularidade do movimento da borda livre das PV. O P02 corresponde à regularidade temporal dos encerramentos intermédios que ocorrem ao longo de toda a extensão das PV até que estas atinjam o encerramento máximo (Voice Clinical Systems, 2017) e estabeleceu correlação negativa com grau de disфонia, grau de rouquidão, grau de tensão e *shimmer* e correlação positiva com o DSI e o HNR.

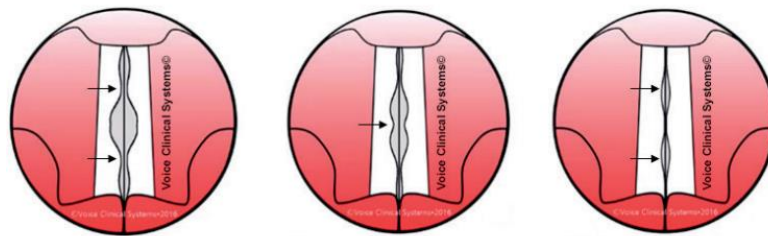


Figura 4. Ilustração de P02 (adaptada de Voice Clinical Systems, 2017)

Uloza, Vegiene e Šaferis (2013) investigaram os parâmetros da videolaringoestroboscopia (VLS) e medidas multidimensionais em que os parâmetros da VLS foram classificados de 0 a 100, sendo que 0 correspondeu à percepção normal do parâmetro e 100 ao desvio extremo do parâmetro. Foi utilizada a escala GRBA para a avaliação perceptivo-auditiva. Nos resultados, obtiveram correlação positiva entre a regularidade e o *shimmer*, ou seja, os dois variam no mesmo sentido e valores elevados indicam alterações na dinâmica das PV. Estes achados vão de encontro aos resultados obtidos no presente estudo que, apesar de a correlação obtida ser negativa, indicam que quanto menor a regularidade, maiores serão os valores associados ao *shimmer* o que indica a presença de alterações. Ainda no estudo de Uloza et al. (2013), os autores obtiveram correlação negativa entre a regularidade e o DSI, ou seja, valores elevados associados ao parâmetro regularidade associavam-se a menores valores de DSI o que é indicativo da presença de disфонia. Estes resultados vão de encontro aos obtidos na presente investigação, isto é, quanto mais próximo de 1 (LN) for o valor associado à regularidade maior será o valor de DSI o que é representativo de uma voz com boa qualidade vocal.

O HNR possibilita a análise de ruído em relação ao componente harmónico da fonação. Este parâmetro traduz a eficiência da fonação, isto é, quanto maior for a eficiência na utilização do fluxo de ar gerado pelos pulmões (e conversão de energia de vibração das PV) e quanto mais periódica for a vibração das PV, maior serão os valores associados ao HNR (Krom, 1993). Assim, quanto mais elevados forem os

seus valores, maior será o componente harmónico e, portanto, maior será a periodicidade vibratória das PV (Guimarães, 2007; Samlan et al., 2018). O P02 e o HNR estabelecem uma correlação positiva o que sugere que, quanto mais próximos de 1 forem os valores de P02 maiores serão os valores de HNR o que vai de encontro à literatura.

O grau percetivo de rouquidão reflete a irregularidade vibratória das PV durante a fonação (Pinho & Pontes, 2002). Os investigadores Uloza et al. (2013) obtiveram correlação positiva entre este parâmetro e o parâmetro regularidade. Isto indica que, valores elevados nos dois parâmetros apontam para a presença de disфонia. O mesmo aconteceu para o grau de disфонia que reflete o grau global de alteração da voz (Behlau et al., 2001). Estes resultados vão de encontro aos obtidos nesta investigação uma vez que, quanto mais próxima de 1 for a regularidade vibratória, menores serão os valores associados ao grau de disфонia e grau de rouquidão. O grau de tensão é associado ao esforço vocal durante a fonação devido a um aumento na adução das PV (Behlau et al., 2001; Pinho & Pontes, 2002). Os resultados obtidos sugerem que quanto mais regular for a vibração das PV menor será o grau de tensão associado à voz do indivíduo, no entanto, não se encontrou uma justificação plausível para esta correlação.

O P03 reflete a falta de sincronia exata na posição das PV durante os movimentos de aproximação e separação durante o ciclo (Voice Clinical Systems, 2017), e não estabeleceu correlações estatisticamente significativas com as medidas percetivas e acústicas.

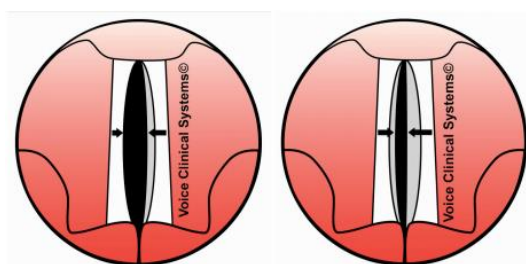


Figura 5. Ilustração de P03 (adaptada de Voice Clinical Systems, 2017)

O grupo C é constituído pelos parâmetros P04, P05, P06 e P07. De forma geral, estes parâmetros correspondem a medidas da duração das fases do ciclo glótico. O P04 (medida da duração da fase fechada do ciclo glótico em relação ao ciclo completo) e P05 (medida da duração da fase aberta do ciclo glótico em relação ao ciclo completo) estabeleceram correlações com os mesmos parâmetros – CPP, *jitter* e grau de soproiedade – no entanto variaram de forma inversa: o P04 estabeleceu correlação positiva com o CPP e correlação negativa com o *jitter* e o grau de soproiedade, e o P05 estabeleceu correlação negativa com o CPP e correlação positiva com o *jitter* e o grau de soproiedade.

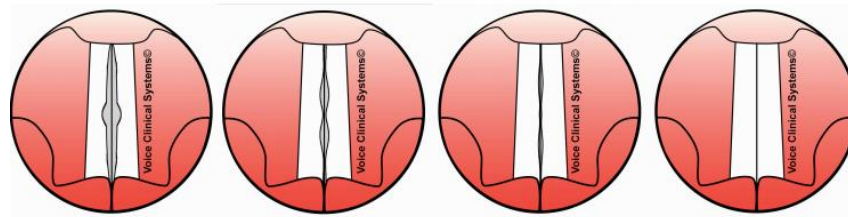


Figura 6. Ilustração de P04 (adaptada de Voice Clinical Systems, 2017)

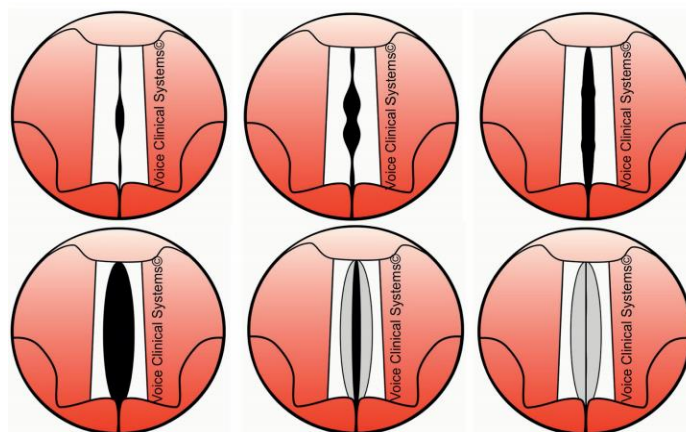


Figura 7. Ilustração de P05 (adaptada de Voice Clinical Systems, 2017)

De acordo com Behlau et al. (2001), uma fase fechada mais longa sugere um padrão fonatório saudável, isto é, com menor variabilidade ciclo a ciclo em frequência ou amplitude. O P04 e o CPP são parâmetros que se relacionam com a periodicidade da voz e variam no mesmo sentido pelo que, numa fase fechada mais longa (dentro do limite de normalidade) espera-se que os valores de CPP sejam mais elevados. No estudo de Shue et al. (2010), foram encontrados valores de CPP mais elevados em fonações do tipo modal e tensa, que são associadas a um menor Q_{open} (reflete a duração da fase em que as PV estão abertas, dividida pela duração do ciclo glótico), ou seja, o valor associado à sua medida análoga Q_{closed} (reflete a duração da fase em que as PV estão fechadas, dividida pela duração do ciclo glótico) será maior, o que corrobora o achado no estudo aqui descrito. Por sua vez, uma fase aberta mais longa pode ser sugestiva de fadiga vocal ou disфонia (Behlau et al., 2001). Os resultados obtidos para o P05 demonstram uma variação inversa em relação aos achados do P04, sugerindo que quanto maior a duração da fase aberta das PV menores serão os valores de CPP.

O *jitter* reflete as variações ciclo a ciclo e valores elevados deste parâmetro indicam maior aperiodicidade na vibração das PV. Uma fase fechada mais longa é sugestiva de menor variabilidade ao nível da frequência e/ou amplitude (Baken & Orlikoff, 2010; Behlau et al., 2001; Guimarães, 2007). Isto sugere que quanto maior a duração da fase fechada, dentro do limite de normalidade, menores serão os valores associados ao *jitter* que é representativo de um sinal de voz mais periódico e, conseqüentemente, melhor qualidade vocal. Por outro lado, uma maior duração da fase aberta está associada a valores mais elevados

de *jitter* o que é representativo de um sinal de voz mais aperiódico. Estas informações corroboram os resultados obtidos nesta investigação. O grau de soprosidade da voz reflete a sensação psicoacústica de escape de ar através da glote (Hirano, 1981) e varia de 0 a 100, sendo que quanto mais elevados forem os valores associados a este parâmetro pior será a qualidade vocal. A correlação obtida sugere que uma menor duração da fase fechada está associada a um maior grau de soprosidade na voz o que vai de encontro aos estudos de Alku e Vilkman (1996), Klatl e Klati (1990) e Kreiman et al. (2012). Nestes estudos, os autores verificaram a existência de correlação positiva entre o Q_{open} e o grau de soprosidade, isto é, quanto maior for a duração da fase aberta (a medida inversa do Q_{closed}) das PV maior será o grau de soprosidade. A relação inversa acontece com o P05.

O P06, medida da duração da fase de abertura das PV-incluída na fase aberta- em relação a um ciclo glótico completo (Voice Clinical Systems, 2017) não estabeleceu correlações estatisticamente significativas com as medidas perceptivas e acústicas.

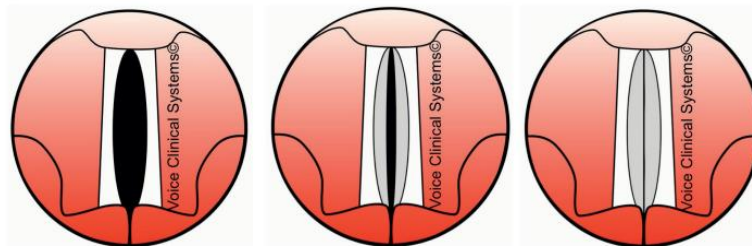


Figura 8. Ilustração de P06 (adaptada de Voice Clinical Systems, 2017)

O P07, medida da duração da fase de encerramento das PV- incluída na fase aberta- em relação a um ciclo glótico completo (Voice Clinical Systems, 2017), estabeleceu correlação negativa com o CPPS, DSI, *shimmere* HNR, e correlação positiva com o *jitter* e grau de soprosidade.

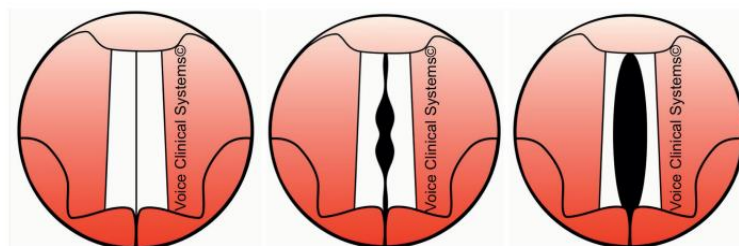


Figura 9. Ilustração de P07 (adaptada de Voice Clinical Systems, 2017)

A fase de encerramento é essencial ao nível da produção do som e tem grande interesse na prática clínica (Patel et al., 2016). Durante esta fase, a nível biomecânico, verifica-se que as propriedades elásticas dos tecidos possibilitam que as PV retornem à linha média o que facilita a propagação da onda mucosa (Krausert et al., 2011). Patel et al. (2016) afirmam que o estudo das fases de abertura e encerramento possibilitam descrever diferenças na cinemática das PV entre grupos de indivíduos (homens, mulheres, crianças). Algumas das correlações obtidas – *jitter* e grau de soprosidade- são comuns ao P05 o que poderá

ser justificado pelo facto da fase de encerramento fazer parte da fase aberta do ciclo glótico. Desta forma, as correlações serão justificadas neste sentido.

O P07 estabeleceu correlação negativa com o CPPS que é uma versão suavizada do CPP e os seus valores refletem a periodicidade do sinal de voz sendo que quanto mais elevados, melhor será a qualidade vocal (Hasanvand, Salehi & Ebrahimipour, 2016). Os resultados do presente estudo sugerem que uma maior duração da fase de encerramento está associada à diminuição dos valores do CPPS no entanto, não foram encontradas informações que suportem este achado.

Obteve-se uma relação inversa entre o P07 e o DSI o que sugere que o aumento da duração da fase de encerramento leva a uma diminuição dos valores do DSI resultando numa voz com baixa qualidade vocal. Contudo, não foram encontradas justificações credíveis que suportassem este resultado. Por outro lado, o P07 correlaciona-se com o grau de soproidade de forma direta. Este facto poderá ser justificado pelo facto de o P07 fazer parte da fase aberta do ciclo glótico. Neste caso, o grau de soproidade aumenta com o aumento do Q_{open} (Alku & Vilkman, 1996; Klatl & Klati, 1990; Kreiman et al., 2012).

O *jitter* correlaciona-se com a presença de soproidade (Dejonckere, 1995; Vaz Freitas et al., 2015). Os resultados obtidos sugerem uma relação direta entre o aumento de P07 e o grau de soproidade o que, mais uma vez, poderá ser justificado pelo facto da fase encerramento ser uma componente da fase aberta das PV cuja correlação com o grau de soproidade também é direta. Por outro lado, o P07 estabeleceu correlação negativa com o *shimmer* que, de acordo com alguns autores, também se correlaciona com a presença de soproidade. Apesar disto, sabe-se que o *jitter* e *shimmer* tendem a covariar (Wong et al., 1995). Desta forma, e tendo em conta estas informações, salienta-se que não foram encontradas justificações plausíveis para os resultados obtidos.

O HNR reflete a relação entre as componentes periódica e não periódica do sinal de voz, sendo que valores elevados significam boa qualidade vocal. O HNR correlaciona-se de forma negativa com o grau de soproidade (Guimarães, 2007; Martens et al., 2007). P07 obteve correlação negativa com o HNR o que também poderá ser justificado pelo facto do P07 fazer parte da fase aberta do ciclo glótico.

No que respeita ao grupo C observa-se que os resultados apontam para uma elevada coerência entre os parâmetros P04 e P05 quando comparados com os valores medidos por outras medidas acústicas e pela descrição encontrada na literatura. Porém, o parâmetro P07 revelou-se complexo no que diz respeito à sua sustentação ao nível da literatura.

O grupo D é constituído pelos parâmetros P08 e P09 que permitem estabelecer correlações relativamente à tensão nas PV durante o encerramento. O primeiro denomina-se índice de tensão e os seus valores estabelecem uma medida indireta da tensão (resultante da ação dos músculos adutores) nas PV durante o encerramento, e o segundo denomina-se força de encerramento glótico e os seus valores traduzem a capacidade das PV em manter a tensão, ao longo do tempo, durante o encerramento glótico (Voice Clinical Systems, 2017). Ambos estabeleceram correlação positiva com a intensidade média o que sugere que a intensidade aumenta com o aumento da tensão nas PV.

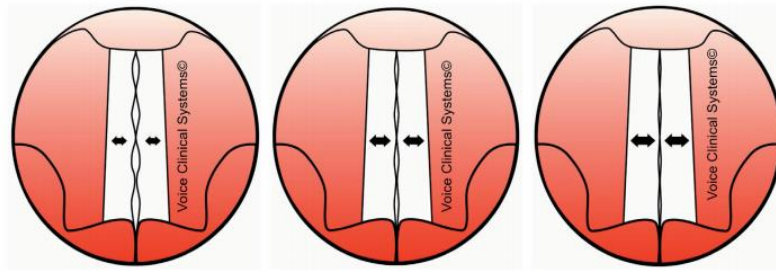


Figura 10. Ilustração de P08 (adaptada de Voice Clinical Systems, 2017)

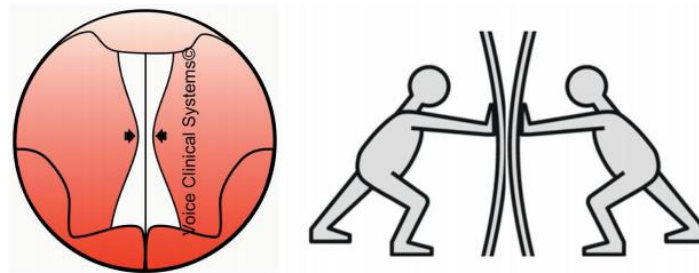


Figura 11. Ilustração de P09 (adaptada de Voice Clinical Systems, 2017)

A intensidade vocal é influenciada por mudanças nos níveis subglótico, glótico e supraglótico. A nível glótico verifica-se que a ação dos músculos adutores das PV, que possibilitam a aproximação das PV e o aumento da tensão, faz aumentar a R_g ao fluxo de ar expiratório. A P_{sub} aumenta até conseguir ultrapassar a R_g , havendo uma P_{sub} maior em cada abertura das PV no ciclo glótico, o que provoca o aumento da intensidade vocal (Johns et al., 2004; Pinho et al., 2006). Verifica-se então que o grau de adução das PV e o aumento da tensão são os responsáveis pelo aumento da R_g sendo esta a principal responsável pelo aumento da intensidade (Alipour & Scherer, 2000; Alipour, Scherer & Finnegan, 1997; Koishi et al., 2003). A R_g é maior quando a P_{sub} é superior ao fluxo glótico o que sugere maior compressão dos tecidos (Laukannen, Lindholm & Vilkman, 1995). Sulter e Albers (1996) investigaram os efeitos da frequência e da intensidade no encerramento glótico em indivíduos normais de ambos os géneros, tendo relatado um aumento da R_g com o aumento da intensidade devido ao aumento das forças adutoras. Os resultados obtidos neste estudo vão de encontro à literatura consultada, observando-se que os parâmetros P08 e P09 têm tendência para aumentar com o aumento da intensidade vocal. Assim, estes parâmetros podem constituir-se como medidas biomecânicas alternativas ou complementares a esta medida acústica. Note-se que a intensidade objetiva é uma das medidas mais difíceis de medir com fiabilidade adequada, já que depende diretamente de fatores como a distância ao microfone e da calibração do sistema de gravação. A existência de uma medida biomecânica alternativa preditora da intensidade seria de elevado valor. Seria relevante, no futuro, estudar em maior detalhe a relação aqui descrita entre estas medidas.

O grupo E é constituído pelos parâmetros P10, P11 e P12 que possibilitam avaliar a eficiência do encerramento bem como a presença de fenda glótica. O primeiro avalia se o encerramento glótico é eficiente

(Voice Clinical Systems, 2017), tendo estabelecido correlação positiva com as medidas CPP e DSI e correlação negativa com o *jitter*, *shimmer* e grau de soprosidade. O P11 reflete a influência da fenda glótica no encerramento e a amplitude da mesma, denominando-se amplitude da fenda (Voice Clinical Systems, 2017). Estabeleceu correlação positiva com as medidas CPP, CPPS e intensidade média, e correlação negativa com o grau de soprosidade. O P12 reflete a influência da fenda glótica no encerramento glótico máximo em relação à área glótica total (tamanho da fenda) (Voice Clinical Systems, 2017) e estabeleceu correlação negativa com as medidas CPP, CPPS e intensidade média.

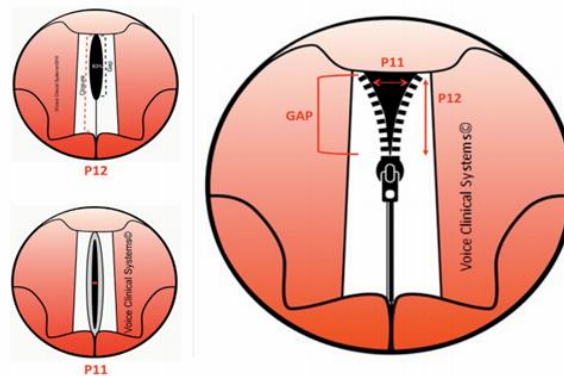


Figura 12. Ilustração de P11 e P12 (adaptada de Voice Clinical Systems, 2017)

A configuração glótica durante a fonação varia de acordo com diversos fatores- sexo, idade, f_0 , tensão e lesões- podendo observar-se um padrão de encerramento das PV completo, incompleto ou com fenda glótica (Poburka, 1999). O encerramento completo das PV é característico da fonação normal. No entanto, várias investigações têm considerado algum grau de encerramento incompleto (na porção posterior da glote principalmente em mulheres) como um padrão normal do encerramento glótico (Murry, Xu & Woodson, 1998; Schneider & Bigenzahn, 2003). Quanto mais completo for o encerramento glótico durante a fonação melhores serão as características aerodinâmicas e acústicas (Döllinger et al., 2017). Os resultados sugerem que quanto maior o valor de P10 (dentro do limite de normalidade) mais periódico será o sinal de fala. No estudo de Döllinger et al. (2017), é referido que existe relação entre o encerramento glótico e os harmônicos. Um encerramento glótico eficiente gera aumento da estrutura harmônica e melhor qualidade vocal, o que se traduz em valores de CPP mais elevados.

De acordo com os resultados obtidos, quanto maior for a eficiência do encerramento glótico mais elevados serão os valores do DSI, o que corresponde a uma boa qualidade vocal. Estes achados vão de encontro ao estudo de Gaber et al. (2014) que investigaram a correlação entre o DSI, a avaliação perceptiva da voz e a área glótica mínima (parâmetro que reflete o grau de encerramento glótico durante a fonação cujo valor é 0 em casos de encerramento completo das PV, sendo que à medida que os valores aumentam refletem o encerramento incompleto) em indivíduos do género feminino com nódulos. Os autores encontraram diferenças significativas entre o grupo de indivíduos com nódulos e o grupo de controlo. O DSI correlacionou-se de forma negativa com a área glótica mínima o que poderá significar que o DSI pode contribuir para a análise do encerramento glótico. Também na investigação de Uloza et al. (2013), que estudaram a correlação entre os

parâmetros da videolaringostroboscopia e a avaliação multidimensional da voz, foi encontrada correlação negativa entre o DSI e o encerramento glótico.

No presente estudo observou-se que quanto mais eficiente o encerramento glótico, menores serão os valores associados às medidas de perturbação *jittere shimmer*. No estudo de Uloza et al. (2013), os autores consideraram um encerramento glótico sem alterações com uma pontuação de 0 sendo que estes valores poderiam variar entre 0 e 100, e quanto mais próximos de 100 mais alterado seria o encerramento glótico. Este parâmetro estabeleceu correlação positiva com o *jitter* e *shimmer*. Quanto mais elevado o valor associado ao encerramento glótico (pior eficiência) maior seriam os valores associados ao *jittere shimmer*, o que se traduz em valores de alteração vocal. Por sua vez, quanto maior a eficiência do encerramento glótico menor é o grau de sopro atribuído à qualidade vocal de um indivíduo. De acordo com Sulter e Albers (1996), o grau de encerramento glótico relaciona-se com o parâmetro perceptivo-auditivo sopro. Isto acontece quando o encerramento glótico é incompleto e, conseqüentemente existe passagem de ar (Sodersten & Lindestad, 1990; Uloza et al., 2013).

Relativamente ao P11, sabe-se que o valor normal associado a este parâmetro, para ambos os gêneros, é 0 sendo que o aumento deste valor é sugestivo de alterações. Numa situação em que o valor obtido é 0 seria de esperar que as correlações com o CPP, CPPS e intensidade média fossem negativas, isto é, valores elevados de CPP, CPPS e intensidade média indicam uma boa qualidade vocal. A correlação com o grau de sopro deveria ser positiva, pois com o aumento da amplitude da fenda maior a quantidade de fluxo de ar pelas PV o que aumentaria o grau de sopro. Verifica-se que as correlações obtidas não são justificadas pela literatura o que pode indicar alguma incoerência na definição do próprio conceito. As correlações obtidas para este parâmetro mostram-se algo contraditórias quando comparadas, por exemplo, com os resultados das correlações com o CPP nos parâmetros P10 e P12, que irá ser abordado a seguir.

Quanto ao P12 verifica-se que é esperado que com o aumento do tamanho da fenda ocorra diminuição dos valores de CPP e CPPS (indicadores de boa qualidade vocal) e da intensidade média. No estudo de Chen et al. (2011), os autores investigaram as correlações acústicas das fendas glóticas. Neste estudo, o tamanho da fenda glótica é dado através da área relativa da fenda glótica. Verificou-se que o CPP se correlacionou de forma negativa com a área relativa da fenda. O aumento da fenda glótica permite a passagem de mais fluxo de ar o que resulta no aumento de ruído de aspiração. Samlan e Story (2011) estudaram a relação da cinemática estrutural e vibratória das PV com o CPP, CPPS e a amplitude do primeiro harmónico em relação ao segundo (H1-H2). Neste caso, os autores observaram que os valores de CPP e CPPS diminuíram com o aumento da separação entre os processos vocais durante o encerramento glótico máximo. Esta separação leva à diminuição da energia harmónica e aumento do ruído nos harmónicos mais elevados da onda de pressão sonora. Estes resultados vão de encontro a outros estudos mencionados na literatura (Awan & Roy, 2009; Heman-Ackah, Michael & Goding, 2002; Sodersten & Lindestad, 1990). Desta forma, verifica-se que o CPP varia com as mudanças estruturais e cinemáticas das PV que provocam o aumento do espaço entre as PV durante o encerramento máximo constituindo-se como uma medida que

reflete o tamanho da fenda glótica (Samlan & Story, 2011). Por fim, a intensidade é regulada P_{sub} e pelos graus de adução e tensão das PV, que provocam o aumento da resistência glótica (Herbst et al., 2015). No encerramento incompleto, a resistência oferecida à passagem do ar é menor bem como a P_{sub} . Assim, quanto maior a fenda glótica menor será a intensidade vocal.

No que respeita ao Grupo E, os resultados apontam para uma elevada congruência nos parâmetros P10 e P12 no que respeita aos valores medidos por outras medidas acústicas e pela descrição encontrada na literatura. Contudo, o parâmetro P11 teve um comportamento inverso ao esperado, podendo necessitar de clarificação quanto à sua forma de cálculo, de descrição conceptual ou de forma de leitura. Seria relevante explorar a capacidade de predição das medidas deste grupo em relação a outras não acústicas que também avaliam a eficiência fonatória que usualmente se encontra alterada na existência de fendas glóticas, como é o caso do TMF.

O grupo F é constituído pelo P13 que se relaciona com a instabilidade/ tremor associado à presença de tensão resultante da ação muscular (Voice Clinical Systems, 2017).

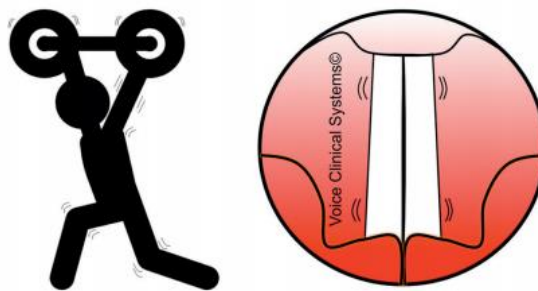


Figura 13. Ilustração de P13 (adaptada de Voice Clinical Systems, 2017)

O P13 estabeleceu correlação positiva com o grau de rouquidão e Dp da intensidade média, e correlação negativa com f_0 média e o CPP. Os resultados sugerem que com o aumento da instabilidade, o grau de rouquidão também aumenta bem como o Dp da intensidade média. O inverso acontece com f_0 média e o CPP, cujos valores diminuem com o aumento dos valores do P13. Apesar de não ser claro o P13 parece estar associado à fadiga resultante do esforço vocal. A nível do mecanismo vocal, a fadiga da musculatura da laringe pode diminuir a capacidade de manutenção da tensão nas PV (Titze, 1994 citado por Welham & Maclagan, 2003). No estudo de Boucher e Ayad (2010), é mencionada a presença de tremor como um sinal consistente resultante da fadiga da musculatura laríngea. Em alguns estudos referidos na literatura é mencionado o aumento da f_0 (Laukkanen, Ilomäki, Leppänen & Vilkmann, 2008; Stemple, Stanley & Lee, 1995) como um sinal da fadiga vocal o que contradiz os resultados obtidos nesta investigação. A rouquidão é um dos principais sintomas de fadiga vocal (Kostyk & Rochet, 1998; Welham & Maclagan, 2003) o que poderá justificar a correlação obtida apesar de não se ter encontrado estudos que a suportem diretamente. Relativamente ao CPP e ao Dp da intensidade não se encontrou informações que permitam sustentar as correlações obtidas.

O grupo G é constituído pelo P14 que reflete a amplitude do movimento vibratório nas bordas livres das PV. Este parâmetro estabeleceu correlação positiva com a intensidade média pelo que, é esperado que com o aumento da amplitude vibratória a intensidade média também aumente (Voice Clinical Systems, 2017).

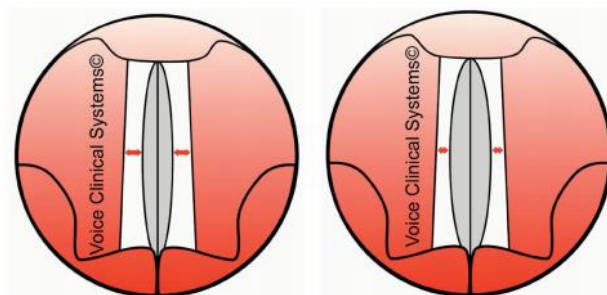


Figura 14. Ilustração de P14 (adaptada de Voice Clinical Systems, 2017)

A amplitude vibratória corresponde à extensão do movimento lateral da porção vibratória das PV durante a fonação (Poburka, Patel & Bless, 2017). Segundo Sulter, Schutte e Miller (1996), este parâmetro é determinado por fatores aerodinâmicos (P_{sub}) e fatores mioelásticos (tensão nas PV) e estabelece relação com as variações na intensidade vocal (Hosbach-Cannon, Lowell, Kelley & Colton, 2016). Sulter, Schutte e Miller (1996), investigaram os efeitos da variação de f_0 , da intensidade e da idade em indivíduos de ambos os géneros, com e sem treino vocal para obtenção de uma classificação estroboscópica padrão. Os autores obtiveram correlação entre a intensidade vocal e a amplitude vibratória, tendo esta última aumentado com o aumento da intensidade. Estes achados vão de encontro a outros estudos descritos na literatura (Hirano, Yoshida, Tanaka & Hibi, 1990; Kitzing, 1990)

O grupo H é constituído pelos parâmetros P15, P16, P17 e P18 que possibilitam estabelecer correlações com a onda mucosa. O P15 denomina-se índice de encerramento da onda mucosa e fornece um valor relativo à quantidade de onda mucosa observada na borda livre das PV durante a fase de encerramento. Este parâmetro não estabeleceu correlações estatisticamente significativas.

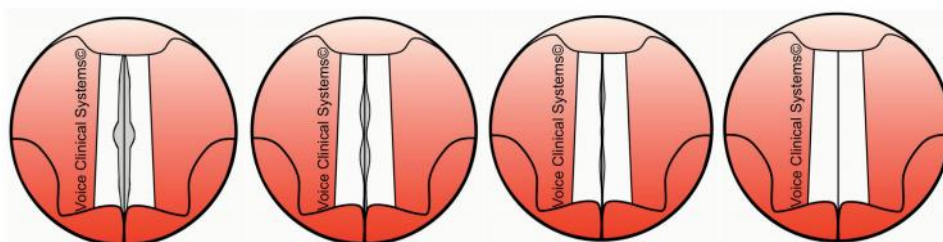


Figura 15. Ilustração de P15 (adaptada de Voice Clinical Systems, 2017)

O P16 denomina-se índice de abertura da onda mucosa, fornecendo um valor relativo à quantidade de onda mucosa observada na borda livre das PV durante a fase de abertura.

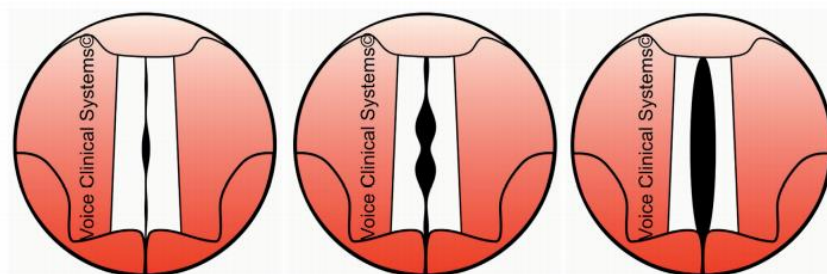


Figura 16. Ilustração de P16 (adaptada de Voice Clinical Systems, 2017)

Os resultados sugerem que valores elevados associados ao P16 levam a uma diminuição dos valores de CPP, o que indica diminuição da qualidade vocal. Este parâmetro correlaciona-se com o CPP de forma negativa. Através dos resultados da análise acústica (tabela 21) observou-se que os valores médios de P16 têm tendência para aumentar com o aumento do grau de disfonia. Apesar de não se ter verificado esta relação a nível estatístico, esta poderá ser relevante na justificação da correlação obtida entre o P16 e o CPP. Existem diversos estudos que demonstram a existência de correlação significativa entre o CPP e o grau de disfonia para a tarefa de vogal sustentada (Awan & Roy, 2009; Heman-Ackah et al., 2003; Lowell et al., 2012). Os valores de CPP diminuem com o aumento da gravidade da disfonia (Brinca et al., 2014) o que poderá justificar a correlação obtida no presente estudo.

Por outro lado, e de acordo com Pinho et al. (2006) a diminuição ou ausência da onda mucosa, decorrente de lesões nas PV, provoca a diminuição do número de harmónicos produzidos. Com uma observação caso a caso, verifica-se que quando os valores associados ao P16 se encontram dentro do limiar de normalidade (GM de 15 a 89 u.r. e GF de 20 a 65 u.r.), o P16 e o CPP variam no mesmo sentido, o que vai de encontro à afirmação de Pinho et al. (2006). Para além disto, verifica-se que dentro da normalidade os valores de P16 são menores no GF. De acordo com Yumoto, Kadota e Mori (1996), é expectável uma onda mucosa mais reduzida em frequências mais elevadas e uma onda mucosa mais acentuada em fonações mais graves. No entanto, quando os valores atribuídos ao P16 excedem o valor máximo do limiar de alteração funcional (GM de 7 a 155 u.r. e GF de 10 a 100 u.r.), a relação entre o P16 e o CPP é inversa. Os resultados obtidos sugerem a necessidade de uma análise mais profunda deste parâmetro.

O P17, rácio de adequação do encerramento da onda mucosa, fornece um valor correspondente ao desvio da onda mucosa na fase fechada. Este parâmetro não estabeleceu correlações estatisticamente significativas. Por fim, o P18 corresponde ao rácio de adequação da abertura da onda mucosa, fornece um valor correspondente ao desvio da onda mucosa na fase de abertura (Voice Clinical Systems, 2017) e estabeleceu correlação negativa com o Dp de f_0 .

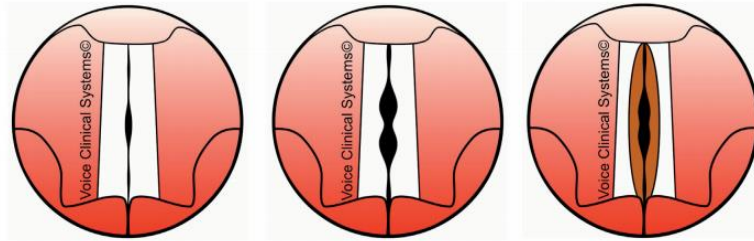


Figura 17. Ilustração de P17 e P18 (adaptada de Voice Clinical Systems, 2017)

A correlação obtida para o P18 sugere que quanto maior o desvio da onda mucosa durante a fase de abertura, menor será a variabilidade associada à f_0 média. No entanto, este resultado é contraditório uma vez se esperaria maior variabilidade com o aumento do desvio. Desta forma, não se encontrou informações que justifiquem este achado.

O Grupo I é constituído pelos parâmetros P19 e P20. O primeiro, índice de consolidação de massa, fornece um valor preditivo dos comportamentos fonatórios que estão no estágio anterior à formação ou consolidação da lesão de massa. O segundo, índice de massa, fornece um valor que se correlaciona com a presença de uma lesão de massa consolidada (Voice Clinical Systems, 2017).

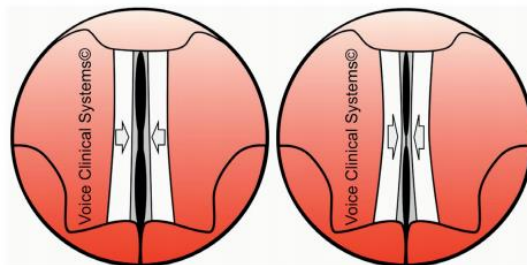


Figura 18. Ilustração de P18 e P19 (adaptada de Voice Clinical Systems, 2017)

Os parâmetros mencionados não estabeleceram correlações estatisticamente significativas. Apesar de haver indivíduos com disfonias orgânicas e orgânico-funcionais na amostra estudada, seria necessário uma diversidade maior de patologias representadas, em diferentes graus, de forma a melhor testar este grupo.

Os resultados obtidos permitem dar resposta ao segundo objetivo, verificando-se que 16 dos 20 parâmetros da aplicação Online.Lab® estabeleceram correlações com as medidas de base acústica. O parâmetro P02 é o que melhor se correlaciona com as medidas perceptivo-auditivas (grau de disфонia, grau de rouquidão e grau de tensão). Salienta-se que, dentro dos parâmetros perceptivos, o grau de soproidade é

o que apresenta maior número de correlações (P04, P05, P07 e P10). Assim, a regularidade das PV poderá constituir-se como um parâmetro biomecânico válido e complementar da análise perceptivo-auditiva que é o *gold standard* da avaliação vocal.

Por sua vez, verifica-se que os grupos C e E se destacam quanto às correlações estabelecidas com as medidas acústicas. O grupo C, constituído por P04, P05 e P07, é um indicador da duração das fases do ciclo glótico. Na sua análise importa referir que o P04 e P05 (que se correlacionaram com o CPP, *jitter* e grau de soprosidade) variam inversamente pelo que, o utilizador da aplicação poderá focar-se num deles para interpretar resultados. Apesar do P07 ter estabelecido maior número de correlações com as medidas acústicas (DSI, CPPS, *jitter*, *shimmer* e HNR) não se conseguiu justificar algumas delas. Estes achados podem ser sugestivos de maior necessidade de investigação deste parâmetro ao nível da sua definição e aplicabilidade. O grupo E, constituído por P10, P11 e P12, surge como um bom indicador da eficiência glótica apesar do P11 se mostrar contraditório nas correlações estabelecidas. Poderá ser necessária uma revisão do parâmetro. O grupo D, constituído por P08 e P09 parece destacar-se no que respeita à identificação de mudanças na intensidade vocal.

Como já foi referido, a avaliação da voz deve ser multidimensional (Dejonckere et al., 2001; Patel et al., 2018) o que inclui não só a avaliação realizada pelo TF mas também por outros profissionais, como é o caso do médico ORL, responsável pela realização dos exames laríngeos (Sánchez-Morillo, 2013). É através da examinação laríngea que é possível a obtenção de parâmetros que permitem descrever a dinâmica vibratória das PV. Apesar que não se conseguir extrapolar conclusões devido à amostra limitada utilizada no presente estudo é importante referir que uma aplicação como a Online.Lab® seria uma mais-valia para a prática clínica do TF. Não se devendo descartar a avaliação da imagem laríngea, a utilização desta aplicação poderá funcionar inicialmente como uma forma de rastreio da patologia e como uma forma complementar às avaliações perceptiva e acústica, possibilitando delinear um plano de intervenção mais dirigido. Poderá, também, constituir-se como um instrumento interessante para acompanhar a evolução da intervenção terapêutica e de *feedback* já que fornece informações visuais relativamente fáceis de explicar (p.e. gráficos e cores associadas aos limiares).

Apesar das possíveis vantagens é importante salientar que a falta de conhecimento sobre o funcionamento da aplicação, a base teórica dos parâmetros utilizados bem como a presença de valores de referência que não permitem a comparação com a literatura são fatores limitativos que devem ser mais explorados. Também a falta de estudos que comprovem a validade e fiabilidade deste instrumento limitam a possibilidade de se generalizar a sua aplicação na prática clínica dado que a existência de instrumentos válidos e fiáveis é essencial para a prática baseada na evidência (Almeida et al., 2018; Carding et al., 2009). Assim, em investigações futuras, poderá ser interessante replicar esta investigação com um n amostral mais representativo e realizar-se a avaliação da fiabilidade do instrumento e, se possível, complementar o estudo com avaliação instrumental da laringe de forma a corroborar ou não os achados resultantes. A tradução para o PE também poderá ser um estudo benéfico para generalizar a utilização do Online.Lab® na

prática clínica do TF em Portugal uma vez que a interpretação dos conceitos foi, em alguns momentos, condicionada pela língua.

6. Considerações finais

Com a presente investigação pretendeu-se contribuir para o processo de validação de um método de análise biomecânica da voz, a aplicação Online.Lab®, que poderá ser útil para o dia-a-dia na prática clínica do TF permitindo a realização de uma avaliação mais completa nas perturbações vocais.

Observou-se a existência de correlações entre diversos parâmetros da análise biomecânica e as medidas de base perceptiva e acústica. Os resultados obtidos sugerem a existência de grupos de parâmetros que se destacam na medição de achados semelhantes aos das avaliações perceptivo-auditiva e acústica. No entanto, nem todas as correlações foram validadas com a literatura o que sugere a necessidade de mais investigação sobre a definição de cada parâmetro e o seu processo de obtenção.

O grau de soproidade foi a medida perceptiva que obteve maior número de correlações com os parâmetros decorrentes da análise biomecânica, estando, principalmente associada à duração das fases do ciclo glótico e à eficiência do encerramento. A intensidade e o CPP foram as medidas acústicas com o maior número de correlações sendo que, a primeira está associada à tensão nas PV durante o encerramento e à eficiência do encerramento glótico. O CPP está, essencialmente, associado à duração das fases de aberta e fechada do ciclo glótico e à eficiência do encerramento.

Os grupos C, D e E, resultantes da análise biomecânica destacam-se quanto às correlações estabelecidas.

Dado o n amostral reduzido não é possível tirar conclusões e generalizar a informação. No entanto, observa-se que a Online.Lab® parece indicar validade em vários parâmetros quando comparada com as medidas tradicionais utilizadas para a avaliação vocal, muito embora várias medidas propostas neste método necessitem de estudo mais aprofundado e de clarificação conceptual. Sugere-se um estudo mais aprofundado para que se consiga realizar a avaliação da validade e fiabilidade deste instrumento, nomeadamente com recurso a avaliação laringostroboscópica e electroglotográfica, no sentido de verificar se este método é de facto um complemento promissor na avaliação da voz, possibilitando a sua utilização na prática clínica do TF.

7. Referências Bibliográficas

- Alipour, F., & Scherer, R. C. (2000). Dynamic glottal pressures in an excised hemilarynx model. *Journal of Voice, 14*(4), 443–454. [https://doi.org/10.1016/S0892-1997\(00\)80002-8](https://doi.org/10.1016/S0892-1997(00)80002-8)
- Alipour, F., Scherer, R. C., & Finnegan, E. (1997). Pressure–flow relationships during phonation as a function of adduction. *Journal of Voice, 11*(2), 187–194. [https://doi.org/10.1016/S0892-1997\(97\)80077-X](https://doi.org/10.1016/S0892-1997(97)80077-X)
- Alku, P., Vilkman, E. (1996). A comparison of glottal voice source quantification parameters in breathy, normal and pressed phonation of female and male speakers. *Folia Phoniatr Logop, 48*(5), 240–254. <https://doi.org/10.1159/000266415>
- Almeida, S. C., Mendes, A. P., & Kempster, G. B. (2018). The Consensus Auditory–Perceptual Evaluation of Voice (CAPE–V) Psychometric Characteristics: II European Portuguese Version (II EP CAPE–V). *Journal of Voice, 33*(4), 582.e5–582.e13. <https://doi.org/10.1016/j.jvoice.2018.02.013>
- Ambreen, S., Bashir, N., Tarar, S. A., & Kausar, R. (2017). Acoustic Analysis of Normal Voice Patterns in Pakistani Adults. *Journal of Voice, 33*(1), 124.e49–124.e58. <https://doi.org/10.1016/j.jvoice.2017.09.003>
- Awan, S. N., & Roy, N. (2009). Outcomes measurement in voice disorders: application of an acoustic index of dysphonia severity. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research, 52*(2), 482–499. [https://doi.org/10.1044/1092-4388\(2008/08-0034\)](https://doi.org/10.1044/1092-4388(2008/08-0034))
- Baken, R. J., Orlikoff, R. F. (2010). *Clinical Measurement of Speech and Voice* (2nd). Cengage Learning.
- Baravieira, P. B., Brasolotto, A. G., Hachiya, A., Takahashi–Ramos, M. T., Tsuji, D. H., & Montagnoli, A. N. (2014). Comparative analysis of vocal fold vibration using high–speed videoendoscopy and digital kymography. *Journal of Voice, 28*(5), 603–607. <https://doi.org/10.1016/j.jvoice.2013.12.019>
- Behlau, M., Azevedo, R., Madazio, G. (2001). Anatomia da Laringe e Fisiologia da Produção Vocal. In *Voz: o livro do especialista* (pp. 1–42). Rio de Janeiro: Revinter.
- Behlau, M., Madazio, R., Feijó, D., Pontes, P. (2001). Avaliação da Voz. In *Voz: o livro do especialista* (pp. 85–180). Rio de Janeiro: Revinter.
- Behrman, A. (2007). *Speech and Voice Science*. Abingdon: Plural Publishing.
- Boucher, V. J., & Ayad, T. (2010). Physiological Attributes of Vocal Fatigue and Their Acoustic Effects: A Synthesis of Findings for a Criterion–Based Prevention of Acquired Voice Disorders. *Journal of Voice, 24*(3), 324–336. <https://doi.org/10.1016/j.jvoice.2008.10.001>
- Brinca, L. F., Batista, A. P. F., Tavares, A. I., Gonçalves, I. C., & Moreno, M. L. (2014). 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, 28*(3), 282–286. <https://doi.org/10.1016/j.jvoice.2013.10.001>
- Brockmann–Bauser, M., Van Stan, J. H., Carvalho Sampaio, M., Bohlender, J. E., Hillman, R. E., & Mehta, D.

- D. (2019). Effects of Vocal Intensity and Fundamental Frequency on Cepstral Peak Prominence in Patients with Voice Disorders and Vocally Healthy Controls. *Journal of Voice*. <https://doi.org/10.1016/j.jvoice.2019.11.015>
- Brockmann, M., Storck, C., Carding, P., Drinnan, M. J. (2008). Voice Loudness and Gender Effects. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, *51*, 1152–1161. [https://doi.org/doi:10.1044/1092-4388\(2008/06-0208\)](https://doi.org/doi:10.1044/1092-4388(2008/06-0208))
- Carding, P.N., Wilson, J. A., Mackenzie, I. J. D. K. (2009). Measuring voice outcomes : state of the science review. *The Journal of Laryngology & Otology*, *123*, 823–829. <https://doi.org/10.1017/S0022215109005398>
- Carmo, H. & Ferreira, M. (2008). *Metodologia da investigação – Guia para Auto-aprendizagem*.
- Chen, G., Kreiman, J., Shue, Y. L., & Alwan, A. (2011). Acoustic correlates of glottal gaps. *Proceedings of the Annual Conference of the International Speech Communication Association, INTERSPEECH*, 2673–2676.
- De Krom, G. (1993). A cepstrum-based technique for determining a harmonics-to noise ratio in speech signals. *Journal of Speech and Hering Research*, *36*, 254–266.
- De Krom, G. (1994). Consistency and reliability of voice quality ratings for different types of speech fragments. *Journal of Speech and Hearing Research*, *37*(5), 985–1000. <https://doi.org/10.1044/jshr.3705.985>
- Dejonckere, P.H. (1995). Principal components in voice pathology. *Journal of Voice*, *4*, 96–105.
- Dejonckere, P. H., Bradley, P., Clemente, P., Cornut, G., Crevier-Buchman, L., Friedrich, G., ... Woisard, V. (2001). A basic protocol for functional assessment of voice pathology, especially for investigating the efficacy of (phonosurgical) treatments and evaluating new assessment techniques: Guideline elaborated by the Committee on Phoniatics of the European Laryngolo. *European Archives of Oto-Rhino-Laryngology*, *258*(2), 77–82. <https://doi.org/10.1007/s004050000299>
- Deliyski, D. D., Shaw, H. S., Evans, M. K., & Vesselinov, R. (2006). Regression tree approach to studying factors influencing acoustic voice analysis. *Folia Phoniatica et Logopaedica*, *58*(4), 274–288. <https://doi.org/10.1159/000093184>
- Döllinger, M., Gómez, P., Patel, R. R., Alexiou, C., Bohr, C., & Schützenberger, A. (2017). Biomechanical simulation of vocal fold dynamics in adults based on laryngeal high-speed videoendoscopy. *PLoS ONE*, *12*(11), 1–26. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0187486>
- Echternach, M., Dippold, S., Sundberg, J., Arndt, S., Zander, M. F., & Richter, B. (2010). High-speed imaging and electroglottography measurements of the open quotient in untrained male voices' register transitions. *Journal of Voice*, *24*(6), 644–650. <https://doi.org/10.1016/j.jvoice.2009.05.003>
- Fernández-Baillo, R. R., & Calvo, C. (2017). Análisis Biomecánico De Los Pliegues Vocales: Revisión De Conceptos Básicos, 1–6. Retrieved from <https://www.voicecs.com/NVCT/wp->

content/uploads/2017/10/CONCEPTOS-BASICOS-PARA-EL-ESTUDIO-DE-LA-BIOMECANICA-DE-LOS-PLIEGUES-VOCALES-1.pdf

- Fortin, M. F. (1999). *O processo de investigação: da concepção à realização* (2ed). Loures: Lusociência.
- Gaber, A. G. H., Liang, F. Y., Yang, J. S., Wang, Y. J., & Zheng, Y. Q. (2014). Correlation among the dysphonia severity index (DSI), the RBH voice perceptual evaluation, and minimum glottal area in female patients with vocal fold nodules. *Journal of Voice*, *28*(1), 20–23. <https://doi.org/10.1016/j.jvoice.2013.08.002>
- Gerratt, B. R., Kreiman, J., Antonanzas-Barroso, N., & Berke, G. S. (1993). Comparing internal and external standards in voice quality judgments. *Journal of Speech and Hearing Research*, *36*(1), 14–20. <https://doi.org/10.1044/jshr.3601.14>
- Guimarães, I. (2007). *ACiência e a arte da voz humana*. Alcoitão: Escola Superior de Saúde do Alcoitão.
- Hasanvand, A., Salehi, A., & Ebrahimipour, M. (2016). A Cepstral Analysis of Normal and Pathologic Voice Qualities in Iranian Adults: A Comparative Study. *Journal of Voice*, *31*(4), 508.e17–508.e23. <https://doi.org/10.1016/j.jvoice.2016.10.017>
- Heale, R., & Twycross, A. (2015). Validity and reliability in quantitative research validity and reliability in quantitative studies, *18*(3), 66–67.
- Heman-Ackah, Y. D., Sataloff, R. T. (2007). *Otolaryngologic Clinics of North America*. Elsevier Inc.
- Heman-Ackah, Y. D., Heuer, R. J., Michael, D. D., Ostrowski, R., Horman, M., Baroody, M. M., ... Sataloff, R. T. (2003). Cepstral peak prominence: A more reliable measure of dysphonia. *Annals of Otology, Rhinology and Laryngology*, *112*(4), 324–333. <https://doi.org/10.1177/000348940311200406>
- Heman-Ackah, Y. D., Michael, D. D., & Goding, G. S. (2002). The relationship between cepstral peak prominence and selected parameters of dysphonia. *Journal of Voice*, *16*(1), 20–27. [https://doi.org/10.1016/S0892-1997\(02\)00067-X](https://doi.org/10.1016/S0892-1997(02)00067-X)
- Henrich, N., d'Alessandro, C., Doval, B., & Castellengo, M. (2005). Glottal open quotient in singing: Measurements and correlation with laryngeal mechanisms, vocal intensity, and fundamental frequency. *The Journal of the Acoustical Society of America*, *117*(3), 1417–1430. <https://doi.org/10.1121/1.1850031>
- Herbst, C. T., Hess, M., Müller, F., Švec, J. G., & Sundberg, J. (2015). Glottal Adduction and Subglottal Pressure in Singing. *Journal of Voice*, *29*(4), 391–402. <https://doi.org/10.1016/j.jvoice.2014.08.009>
- Hillenbrand, J., Cleveland, R. A., Erickson, R. L. (1994). Acoustic Correlates of breathy vocal quality. *Journal of Speech and Hearing Research*, *37*, 769–778.
- Hillenbrand, J., & Houde, R. A. (1996). Acoustic correlates of breathy vocal quality: Dysphonic voices and continuous speech. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, *39*(2), 311–321. <https://doi.org/10.1044/jshr.3902.311>

- Hirano, M. (1974). Morphological structure of the vocal fold and its variations. *Folia Phoniatr*, 26, 89–94.
- Hirano, M. (1981). *Clinical Examination of Voice: Disorders of Human Communication*. New York: Springer.
- Hirano, M., Yoshida, T., Tanaka, S., & Hibi, S. (1990). Sulcus vocalis: Functional aspects. *Annals of Otolology, Rhinology & Laryngology*, 99(9), 679–683. <https://doi.org/10.1177/000348949009900901>
- Hosbach–Cannon, C. J., Lowell, S. Y., Kelley, R. T., & Colton, R. H. (2016). A Preliminary Quantitative Comparison of Vibratory Amplitude Using Rigid and Flexible Stroboscopic Assessment. *Journal of Voice*, 30(4), 485–492. <https://doi.org/10.1016/j.jvoice.2015.05.018>
- Johns, M. M., Urbanchek, M., Chepeha, D. B., Kuzon, W. M., & Hogikyan, N. D. (2004). Length–tension relationship of the feline thyroarytenoid muscle. *Journal of Voice*, 18(3), 285–291. <https://doi.org/10.1016/j.jvoice.2003.09.002>
- Kempster, G. B., Gerratt, B. R., Abbott, K. V., Barkmeier–Kraemer, J., & Hillman, R. E. (2009). Consensus auditory–perceptual evaluation of voice: Development of a standardized clinical protocol. *American Journal of Speech–Language Pathology*, 18(2), 124–132. [https://doi.org/10.1044/1058-0360\(2008/08-0017\)](https://doi.org/10.1044/1058-0360(2008/08-0017))
- Kendall, K. A. (2009). High–speed laryngeal imaging compared with videostroboscopy in healthy subjects. *Archives of Otolaryngology – Head and Neck Surgery*, 135(3), 274–281. <https://doi.org/10.1001/archoto.2008.557>
- Kimberlin, A. C., Winterstein, A. G. (2008). Validity and reliability of measurement instruments used in research. *Am J Health–Syst Pharm*, 65, 2276–2284. <https://doi.org/10.2146/ajhp070364>
- Kitzing, P. (1990). Clinical applications of electroglottography. *Journal of Voice*, 4(3), 238–249. [https://doi.org/10.1016/S0892-1997\(05\)80019-0](https://doi.org/10.1016/S0892-1997(05)80019-0)
- Klati, D. H., & Klati, L. C. (1990). *Analysis, synthesis, and perception of voice quality variations among female and male talkers*. *Journal of the Acoustical Society of America*, 87(2), 820–857. <https://doi.org/10.1121/1.398894>
- Knudson, D. (2007). *The Fundamentals of Biomechanics. Biomechanics of Human Motion* (2nd). Springer. <https://doi.org/10.1201/b22446-8>
- Koishi, H. U., Tsuji, D. H., Imamura, R., & Ubirajara Sennes, L. (2003). Vocal intensity variation: A study of vocal folds vibration in humans with videokymography. *Revista Brasileira de Otorrinolaringologia*, 69(4), 464–470. <https://doi.org/10.1590/s0034-72992003000400005>
- Koo, T. K., & Li, M. Y. (2016). A Guideline of Selecting and Reporting Intraclass Correlation Coefficients for Reliability Research. *Journal of Chiropractic Medicine*, 15(2), 155–163. <https://doi.org/10.1016/j.jcm.2016.02.012>

- Kostyk, B. E., & Rochet, A. P. (1998). Laryngeal airway resistance in teachers with vocal fatigue: A preliminary study. *Journal of Voice*, *12*(3), 287–299. [https://doi.org/10.1016/S0892-1997\(98\)80019-2](https://doi.org/10.1016/S0892-1997(98)80019-2)
- Krausert, C. R., Olszewski, A. E., Taylor, L. N., McMurray, J. S., Dailey, S. H., & Jiang, J. J. (2011). Mucosal wave measurement and visualization techniques. *Journal of Voice*, *25*(4), 395–405. <https://doi.org/10.1016/j.jvoice.2010.02.001>
- Kreiman, J., Shue, Y.L., Chen, G., Iseli, M., Gerratt, B. R., Neubauer, J., & Alwan, A. (2012). Variability in the relationships among voice quality, harmonic amplitudes, open quotient, and glottal area waveform shape in sustained phonation. *The Journal of the Acoustical Society of America*, *132*(4), 2625–2632. <https://doi.org/10.1121/1.4747007>
- Kunduk, M., Dollinger, M., McWhorter, A. J., & Lohscheller, J. (2010). Assessment of the variability of vocal fold dynamics within and between recordings with high-speed imaging and by phonovibrogram. *Laryngoscope*, *120*(5), 981–987. <https://doi.org/10.1002/lary.20832>
- Laukkanen, P., Lindholm, E., Vilkmán, A. M. (1995). On the effects of Various Vocal Training Methods on Glottal Resistance and Efficiency. *Folia Phoniatica et Logopaedica*, *47*, 324–330.
- Laukkanen, A. M., Ilomäki, I., Leppänen, K., & Vilkmán, E. (2008). Acoustic Measures and Self-reports of Vocal Fatigue by Female Teachers. *Journal of Voice*, *22*(3), 283–289. <https://doi.org/10.1016/j.jvoice.2006.10.001>
- Leong, K., Hawkshaw, M. J., Dentchev, D., Gupta, R., Lurie, D., & Sataloff, R. T. (2012). Reliability of objective voice measures of normal speaking voices. *Journal of Voice*, *27*(2), 170–176. <https://doi.org/10.1016/j.jvoice.2012.07.005>
- Lohscheller, J., Švec, J. G., & Döllinger, M. (2013). Vocal fold vibration amplitude, open quotient, speed quotient and their variability along glottal length: Kymographic data from normal subjects. *Logopedics Phoniatrics Vocology*, *38*(4), 182–192. <https://doi.org/10.3109/14015439.2012.731083>
- Lovato, A., De Colle, W., Giacomelli, L., Piacente, A., Righetto, L., Marioni, G., & de Filippis, C. (2016). Multi-Dimensional Voice Program (MDVP) vs Praat for Assessing Euphonic Subjects: A Preliminary Study on the Gender-discriminating Power of Acoustic Analysis Software. *Journal of Voice*, *30*(6), 765.e1–765.e5. <https://doi.org/10.1016/j.jvoice.2015.10.012>
- Lowell, S. Y., Kelley, R. T., Awan, S. N., Colton, R. H., & Chan, N. H. (2012). Spectral- and cepstral-based acoustic features of dysphonic, strained voice quality. *Annals of Otology, Rhinology and Laryngology*, *121*(8), 539–548. <https://doi.org/10.1177/000348941212100808>
- Manfredi, C., Giordano, A., Schoentgen, J., Fraj, S., Bocchi, L., & Dejonckere, P. H. (2012). Perturbation measurements in highly irregular voice signals: Performances/validity of analysis software tools. *Biomedical Signal Processing and Control*, *7*(4), 409–416.

<https://doi.org/10.1016/j.bspc.2011.06.004>

- Maryn, Y., Roy, N., De Bodt, M., Van Cauwenberge, P., & Corthals, P. (2009). Acoustic measurement of overall voice quality: A meta-analysis. *The Journal of the Acoustical Society of America*, *126*(5), 2619–2634. <https://doi.org/10.1121/1.3224706>
- Maryn, Y., & Weenink, D. (2015). Objective dysphonia measures in the program praat: Smoothed cepstral peak prominence and acoustic voice quality index. *Journal of Voice*, *29*(1), 35–43. <https://doi.org/10.1016/j.jvoice.2014.06.015>
- Miri, A. K. (2014). Mechanical characterization of vocal fold tissue: A review study. *Journal of Voice*, *28*(6), 657–667. <https://doi.org/10.1016/j.jvoice.2014.03.001>
- Murry, T., Xu, J. J., & Woodson, G. E. (1998). Glottal configuration associated with fundamental frequency and vocal register. *Journal of Voice*, *12*(1), 44–49. [https://doi.org/10.1016/S0892-1997\(98\)80074-X](https://doi.org/10.1016/S0892-1997(98)80074-X)
- Oliveira, C. R., Gama, A. C. C., & Magalhães, M. D. C. (2019). Fundamental Voice Frequency: Acoustic, Electroglottographic, and Accelerometer Measurement in Individuals With and Without Vocal Alteration. *Journal of Voice*. <https://doi.org/10.1016/j.jvoice.2019.08.004>
- Parsa, V., & Jamieson, D. G. (2001). Acoustic Discrimination of Pathological Voice. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, *44*(2), 327–339. [https://doi.org/10.1044/1092-4388\(2001/027\)](https://doi.org/10.1044/1092-4388(2001/027))
- Patel, R., Awan, S., Barkmeier-Kraemer, J., Courey, M., Deliyski, D., Eadie, T., Paul, D., Svec, J., Hillman, R. (2018). Recommended Protocols for Instrumental Assessment of Voice: American Speech–Language–Hearing Association Expert Panel to Develop a Protocol for Instrumental Assessment of Vocal Function. *American Journal of Speech–Language Pathology*, *27*(9), 887–905. <https://doi.org/10.1017/CB09781107415324.004>
- Patel, R., Unnikrishnan, H., & Donohue, K. D. (2016). Effects of vocal fold nodules on glottal cycle measurements derived from high-speed videoendoscopy in children. *PLoS ONE*, *11*(4), 1–15. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0154586>
- Patel, S., & Shrivastav, R. (2007). Perception of Dysphonic Vocal Quality: Some Thoughts and Research Update. *Perspectives on Voice and Voice Disorders*, *17*(2), 3–7. <https://doi.org/10.1044/vvd17.2.3>
- Peck, C. C. (2016). Biomechanics of occlusion – implications for oral rehabilitation. *Journal of Oral Rehabilitation*, *43*(3), 205–214. <https://doi.org/10.1111/joor.12345>
- Pinho, S. M. R., Tsuji, D. H., & Bohadana, C. (2006). Fundamentos em Laringologia e Voz. Revinter.
- Pinho, S., & Pontes, P. (2002). Escala de Avaliação Perceptiva da Fonte Glótica: RASAT, 1–4.
- Poburka, B. J. (1999). A new stroboscopy rating form. *Journal of Voice*, *13*(3), 403–413. [https://doi.org/10.1016/S0892-1997\(99\)80045-9](https://doi.org/10.1016/S0892-1997(99)80045-9)

- Poburka, B. J., Patel, R. R., & Bless, D. M. (2017). Voice-Vibratory Assessment With Laryngeal Imaging (VALI) Form: Reliability of Rating Stroboscopy and High-speed Videoendoscopy. *Journal of Voice*, 31(4), 513.e1-513.e14. <https://doi.org/10.1016/j.jvoice.2016.12.003>
- Ribeiro, J. L. P. (2010). *Investigação e Avaliação em Psicologia e Saúde* (2ed). Lisboa: Placebo Editora.
- Samlan, R. A., Kunduk, M., Ikuma, T., Black, M., & Lane, C. (2018). Vocal fold vibration in older adults with and without age-related dysphonia. *American Journal of Speech-Language Pathology*, 27(3), 1039–1050. https://doi.org/10.1044/2018_AJSLP-17-0061
- Samlan, R. A., & Story, B. H. (2011). Relation of structural and vibratory kinematics of the vocal folds to two acoustic measures of breathy voice based on computational modeling. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 54(5), 1267–1283. [https://doi.org/10.1044/1092-4388\(2011/10-0195\)](https://doi.org/10.1044/1092-4388(2011/10-0195))
- Sánchez-morillo, J., Gómez-diago, L., Rodríguez-gimillo, P., Herrera-collado, R., Puchol-castillo, J. (2013). Evaluación de la vía aérea mediante laringoscopia indirecta en pacientes con hipertrofia de la amígdala lingual. *Acta Otorrinolaringológica Española*, 64(5), 345–351. <https://doi.org/10.1016/j.otorri.2013.04.004>
- Sapienza, C., Ruddy, B. H. (2013). *Voice Disorders* (2nd). San Diego: Plural Publishibg.
- Schneider, B., & Bigenzahn, W. (2003). Influence of Glottal Closure Configuration on Vocal Efficacy in Young Normal-speaking Women. *Journal of Voice*, 17(4), 468–480. [https://doi.org/10.1067/S0892-1997\(03\)00065-1](https://doi.org/10.1067/S0892-1997(03)00065-1)
- Schwarz, R., Döllinger, M., Wurzbacher, T., Eysholdt, U., & Lohscheller, J. (2008). Spatio-temporal quantification of vocal fold vibrations using high-speed videoendoscopy and a biomechanical model. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 123(5), 2717–2732. <https://doi.org/10.1121/1.2902167>
- Shue, Y. L., Chen, G., & Alwan, A. (2010). On the interdependencies between voice quality, glottal gaps, and voice-source related acoustic measures. *Proceedings of the 11th Annual Conference of the International Speech Communication Association, INTERSPEECH 2010*, (September), 34–37.
- Sodersten, M., & Lindestad, P. A. (1990). Glottal closure and perceived breathiness during phonation in normally speaking subjects. *Journal of Speech and Hearing Research*, 33(3), 601–611. <https://doi.org/10.1044/jshr.3303.601>
- Stemple, J. C., Stanley, J., & Lee, L. (1995). Objective measures of voice production in normal subjects following prolonged voice use. *Journal of Voice*, 9(2), 127–133. [https://doi.org/10.1016/S0892-1997\(05\)80245-0](https://doi.org/10.1016/S0892-1997(05)80245-0)
- Sulter, A. M., & Albers, F. W. J. (1996). The effects of frequency and intensity level on glottal closure in normal subjects. *Clinical Otolaryngology and Allied Sciences*, 21(4), 324–327. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2273.1996.tb01079.x>

- Sulter, A. M., Schutte, H. K., & Miller, D. G. (1996). Standardized laryngeal videostroboscopic rating: Differences between untrained and trained male and female subjects, and effects of varying sound intensity, fundamental frequency, and age. *Journal of Voice*, *10*(2), 175–189. [https://doi.org/10.1016/S0892-1997\(96\)80045-2](https://doi.org/10.1016/S0892-1997(96)80045-2)
- Sussman, J. E., & Sapienza, C. (1994). Articulatory, developmental, and gender effects on measures of fundamental frequency and jitter. *Journal of Voice*, *8*(2), 145–156. [https://doi.org/10.1016/S0892-1997\(05\)80306-6](https://doi.org/10.1016/S0892-1997(05)80306-6)
- Švec, J. G., Šram, F., & Schutte, H. K. (2007). Videokymography in voice disorders: What to look for? *Annals of Otolaryngology, Rhinology and Laryngology*, *116*(3), 172–180. <https://doi.org/10.1177/000348940711600303>
- Voice Clinical Systems. (2017). *Bio-Mechanical Analysis of Voice: User Manual*.
- Titze, I. R. (2000). *Principles of Voice Production*. New York: The National Center for Voice and Speech.
- Tsuji, D. H., Hachiya, A., Dajer, M. E., Ishikawa, C. C., Takahashi, M. T., & Montagnoli, A. N. (2014). Improvement of vocal pathologies diagnosis using high-speed videolaryngoscopy. *International Archives of Otorhinolaryngology*, *18*(3), 294–302. <https://doi.org/10.1055/s-0034-1372512>
- Uloza, V., Vegiene, A., & Šaferis, V. (2013). Correlation between the basic video laryngostroboscopic parameters and multidimensional voice measurements. *Journal of Voice*, *27*(6), 744–752. <https://doi.org/10.1016/j.jvoice.2013.06.008>
- Van Den Berg, J. (1958). Myoelastic-aerodynamic theory of voice production. *Journal of Speech and Hearing Research*, *1*(3), 227–244. <https://doi.org/10.1044/jshr.0103.227>
- Vaz Freitas, S., Melo Pestana, P., Almeida, V., & Ferreira, A. (2015). Integrating voice evaluation: Correlation between acoustic and audio-perceptual measures. *Journal of Voice*, *29*(3), 390.e1–390.e7. <https://doi.org/10.1016/j.jvoice.2014.08.007>
- Watts, C. R., Awan, S. N., & Maryn, Y. (2017). A Comparison of Cepstral Peak Prominence Measures From Two Acoustic Analysis Programs. *Journal of Voice*, *31*(3), 387.e1–387.e10. <https://doi.org/10.1016/j.jvoice.2016.09.012>
- Welham, N. V., & Maclagan, M. A. (2003). Vocal fatigue: Current knowledge and future directions. *Journal of Voice*, *17*(1), 21–30. [https://doi.org/10.1016/S0892-1997\(03\)00033-X](https://doi.org/10.1016/S0892-1997(03)00033-X)
- Wong, D.Y., Lange, R., Titze, I.R. and Guo, C. G. (1995). A qualitative study of mechanisms of jitter-induced shimmer in the voice. *Journal of the Acoustic Society of America*, *97* (5), 3421–3421.
- Wuyts, F. L., De Bodt, M. S., Molenbeghs, G., Remacle, M., Heylen, L., Millet, B., Lierde, K. V., Raes, J., Heyning, P. H. V. (2000). The Dysphonia Severity Index: An Objective Measure of Vocal Quality Based on a Multiparameter Approach. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, *43*(1), 796–809. <https://doi.org/10.1159/000096548>
- Yamasaki, R., Madazio, G., Leão, S. H. S., Padovani, M., Azevedo, R., & Behlau, M. (2017). Auditory-

- perceptual Evaluation of Normal and Dysphonic Voices Using the Voice Deviation Scale. *Journal of Voice*, 31(1), 67–71. <https://doi.org/10.1016/j.jvoice.2016.01.004>
- Yang, A., Lohscheller, J., Berry, D. A., Becker, S., Eysholdt, U., Voigt, D., & Döllinger, M. (2010). Biomechanical modeling of the three-dimensional aspects of human vocal fold dynamics. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 127(2), 1014–1031. <https://doi.org/10.1121/1.3277165>
- Yokonishi, H., Imagawa, H., Sakakibara, K. I., Yamauchi, A., Nito, T., Yamasoba, T., & Tayama, N. (2016). Relationship of Various Open Quotients with Acoustic Property, Phonation Types, Fundamental Frequency, and Intensity. *Journal of Voice*, 30(2), 145–157. <https://doi.org/10.1016/j.jvoice.2015.01.009>
- Young, V. N., Rosen, C. (2011). Videostroboscopy– USA Perspective. In Ma, E. , & Yiu, E.(1st ed.), *Handbook of Voice Assessment*: (pp. 99–112). San Diego: Plural Publishing.
- Yumoto, E., Kadota, Y., & Mori, T. (1996). Vocal fold vibration viewed from the tracheal side in living human beings. *Otolaryngology - Head and Neck Surgery*, 115(4), 329–334. [https://doi.org/10.1016/S0194-5998\(96\)70047-5](https://doi.org/10.1016/S0194-5998(96)70047-5)
- Zhang, Z. (2016). Mechanics of human voice production and control. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 140(4), 2614–2635. <https://doi.org/10.1121/1.4964509>
- Zlotnicki, J. P., Naendrup, J. H., Ferrer, G. A., & Debski, R. E. (2016). Basic biomechanic principles of knee instability. *Current Reviews in Musculoskeletal Medicine*, 9(2), 114–122. <https://doi.org/10.1007/s12178-016-9329-8>
- Zraick, R.I., Wendel, K., Smith-Olinde, L. (2005). The Effect of Speaking Task on Perceptual Judgment of the Severity of Dysphonic Voice. *Journal of Voice*, 19 (4), 574–581.

8. Anexos

8.1. Anexo 1: Aprovação da Comissão de Ética da ESS

P.PORTO

ESCOLA
SUPERIOR
DE SAÚDE
POLITÉCNICO
DO PORTO

PARECER DA COMISSÃO DE ÉTICA

Número de Registo da Comissão de Ética: **ESSE4** Data receção do Documento: Dezembro de 2019 Existência de entidades anteriores: Não

TÍTULO DO TRABALHO:

Estudo da Fiabilidade e Validade do Sistema "Voice Clinical Systems"

INVESTIGADOR RESPONSÁVEL:

Paula Cristina da Costa Faria

DATA PREVISTA PARA A REALIZAÇÃO DO TRABALHO: início Dezembro de 2019 / fim Julho de 2020

RESUMO DO ESTUDO

OBJETIVOS:

Devidamente descritos.

AMOSTRA:

Indivíduos adultos de ambos os sexos. Amostra de conveniência.

FORMULÁRIO DE DADOS A RECOLHER:

NA.

MATERIAL:

Nada a reter.

MÉTODOS:

É descrita a metodologia.

RISCOS:

NA.

CONSENTIMENTO INFORMADO:

Nada a reter.

AUTORIZAÇÃO PELOS RESPONSÁVEIS LOCAIS:

Presente.

APRECIÇÃO DA COMISSÃO DE ÉTICA:

Pelo apresentado, são garantidos os pontos avaliados por este parecer.

PARECER FINAL DA COMISSÃO DE ÉTICA

De acordo com os dados analisados, o parecer é favorável. Neste sentido, o investigador deverá cumprir todas as diretrizes submetidas a esta Comissão, com prejuízo de a decisão ser suspensa caso haja algum incumprimento grave.

Assinado por: PEDRO MANUEL RIBEIRO DA
ROCHA MONTEIRO
Num. de identificação: 81091328560

22/07/2020



SGS.ESS.004/MO.318.02

8.2. Anexo 2: Aprovação da Comissão de Ética do HPH

UNIDADE LOCAL DE SAÚDE DE MATOSINHOS HOSPITAL PEDRO HISPANO	INFORMAÇÃO	Nº 123/CE/JAS Data: 13-12-2019
--	------------	---------------------------------------

Para: Serviço de Gestão do Conhecimento
De: Comissão de Ética

Assunto: *Apreciação ao pedido de autorização para realização de estudo intitulado "Avaliação complementar da voz através de medidas acústicas de longo termo em vozes disfónicas"*


INFORMAÇÃO

Exmo. Senhor,

A Comissão de Ética analisou o pedido de autorização para realização de estudo intitulado "Avaliação complementar da voz através de medidas acústicas de longo termo em vozes disfónicas", cuja autora é Joana Costa Frutuoso Faria, Terapeuta da Fala na ULSM, no âmbito do Mestrado em Terapia da Fala na Escola Superior de Saúde do Instituto Politécnico do Porto.

A Comissão de Ética para a Saúde da ULSM deliberou, por unanimidade, não opor à realização deste estudo.

Com os melhores cumprimentos


Dr. José Alberto Silva
Presidente da Comissão de Ética
da ULSM Matosinhos

Dr. José Alberto Silva
(Presidente da Comissão de Ética da ULSM, E.P.E.)

8.3. Anexo 3: Consentimento informado

Declaração de consentimento informado

Conforme a lei 67/98 de 26 de Outubro e a "Declaração de Helsínquia" da Associação Médica Mundial (Helsínquia 1964; Tóquio 1975; Veneza 1983; Hong Kong 1989; Somerset West 1996, Edimburgo 2000; Washington 2002, Tóquio 2004, Seul 2008, Fortaleza 2013) – quando se aplicar

Designação do Estudo: Avaliação complementar da voz através de medidas acústicas de longo termo em vozes disfónicas
--

Eu, abaixo-assinado _____
fui informado de que o Estudo de Investigação acima mencionado, se destina à Avaliação da Qualidade Vocal através de Espectros Médios de Longa Duração na Caracterização da Voz com Disfonia.

Tomei conhecimento que se trata de um estudo que obteve aprovação pela Comissão de Ética e Saúde da Unidade Local de Saúde de Matosinhos.

Sei que neste estudo está prevista a realização e gravação de tarefas de natureza vocal, para posterior análise. A minha voz será gravada durante a produção de vogais, leitura de frases, discurso espontâneo e canto. Posteriormente, será realizada a análise áudio-perceptiva e acústica da minha voz nas diferentes tarefas gravadas.

Estes procedimentos não são invasivos e não têm quaisquer riscos associados. Os registos serão arquivados na base de dados do Centro de Investigação em Reabilitação, estando a sua consulta reservada apenas aos membros da equipa de investigação do projeto. A base de dados existente foi criada no âmbito do projeto "Desenvolvimento de métodos de avaliação acústica no estudo da voz com finalidade de uso em contexto clínico e em investigação", da responsabilidade do Prof. Doutor André Araújo. Os dados serão armazenados durante 6 anos em disco rígido externo, à guarda do investigador principal, na Escola Superior de Saúde do Politécnico do Porto. Após este período, caso não se verifique necessidade de voltar a recolher novos parâmetros acústicos, os ficheiros áudio serão destruídos, mantendo-se apenas as bases de dados estatísticos.

Foi-me garantido que todos os dados relativos à identificação dos Participantes neste estudo são confidenciais e que será mantido o anonimato, com a atribuição de um código a cada participante.

Compreendi a informação que me foi dada, tive oportunidade de fazer perguntas e as minhas dúvidas foram esclarecidas.

Sei que posso recusar-me a participar ou interromper a qualquer momento a participação no estudo, sem nenhum tipo de penalização por este facto.

Aceito participar de livre vontade no estudo acima mencionado. Também autorizo a utilização dos dados e a divulgação dos resultados obtidos para fins científicos e académicos, desde que seja garantido o anonimato.

Nome do Investigador e Contacto: Joana Costa Frutuoso, joanafrutuoso@f@gmail.com

Data

___/___/___

Assinatura

9. Apêndices

9.1. Apêndice 1:

Avaliação instrumental direta da dinâmica fonatória

No presente capítulo serão abordadas a laringoscopia indireta, a laringostroboscopia, a videolaringoscopia ultra-rápida e videoquimografia, realizando-se uma breve descrição de cada tipo de avaliação e das suas vantagens e desvantagens. Estes tipos de avaliação permitem aceder diretamente aos fatores intervenientes na dinâmica fonatória. Salienta-se que apesar da laringoscopia não ser utilizada como forma de avaliação no presente estudo, a sua relevância para a compreensão de conceitos relacionados com a avaliação biomecânica justifica a sua abordagem no enquadramento teórico.

1. Laringoscopia Indireta

O termo laringoscopia descreve a examinação ou visualização, direta ou indireta, da laringe (Collins, 2014) realizada pelo médico ORL (Sánchez-Morillo, 2013). Este método possibilita a avaliação anatômica e funcional da laringe (Behlau et al., 2001) e permite observar a presença ou ausência de comportamentos compensatórios (Sapienza & Ruddy, 2013).

Na laringoscopia indireta com espelho a observação da laringe é realizada através de um espelho que é colocado na orofaringe e ao qual se dirige uma fonte de luz. É uma técnica economicamente acessível, de rápida aplicação e pouco incómoda para o indivíduo. Porém, a observação é bidimensional; é difícil visualizar a laringe devido às condições anatômicas do indivíduo; a produção de som é difícil visto que os movimentos da língua estão limitados pelo examinador e não é possível fazer registo fotográfico ou em vídeo (Guimarães, 2007). Este método é bastante útil na deteção inicial de alterações na laringe (Nemr et al., 2005).

Os avanços tecnológicos no século XX permitiram que a laringoscopia indireta passasse a ser realizada mediante imagem de vídeo, através do uso de endoscópios com fibras óticas rígidas e flexíveis, denominando-se também de videolaringoscopia. A laringoscopia rígida, na qual se utiliza um endoscópio rígido de luz fria, é realizada via oral. Através deste método é possível observar imagens amplas, estáveis e nítidas. No entanto, é uma técnica invasiva e a observação realizada está limitada ao uso de uma vogal sustentada devido à utilização de um endoscópio rígido. Por sua vez, a laringoscopia flexível, na qual se utiliza um fibroscópio flexível, é realizada via nasal. Esta técnica possibilita a observação das fossas nasais, rinofaringe, orofaringe e laringe; possibilita a fonação através da vogal sustentada, fala ou canto; é possível a observação num monitor (caso o fibroscópio estiver acoplado a um sistema de vídeo) e a sua impressão (Guimarães, 2007; Sapienza & Ruddy, 2013).

2. Laringosestroboscopia

A laringosestroboscopia é um exame laríngeo que possibilita a observação das PV e pode ser realizada de forma complementar à laringoscopia com endoscópio flexível, endoscópio rígido e videolaringoscopia (Lindestad, 2011). É o método mais utilizado para a observação do padrão vibratório das PV e constitui-se como um instrumento de grande importância na avaliação das perturbações vocais (Dejonckere et al., 2001). De acordo com Behrman (2007) neste método é utilizada uma luz pulsátil para simular o movimento das PV numa taxa mais lenta do que a taxa real do seu movimento. A taxa dos pulsos luminosos é ajustada e fica ligeiramente abaixo da frequência de vibração das PV. Assim, estes pulsos luminosos iluminam as PV em diferentes pontos do ciclo o que origina a ilusão destas mudarem de posição. Desta forma, a luz estroboscópica mostra uma sequência de imagens das PV em vários ciclos dando origem à ilusão de um único ciclo quando se juntam (Behrman, 2007; Simpson & Rosen, 2008). Esta sequência de imagens permite a observação do encerramento das PV e analisar a eficiência do encerramento glótico, analisar a duração das fases do ciclo glótico (quando existe um padrão vibratório regular), observar o movimento da onda de mucosa, da simetria e da periodicidade da vibração, e ainda detetar alterações estruturais, pequenas lesões de massa ou outras alterações difíceis de detetar com luz comum (Han & Xu, 2011; Heman-Ackah & Sataloff, 2007; Lindestad, 2011; Simpson & Rosen, 2008).

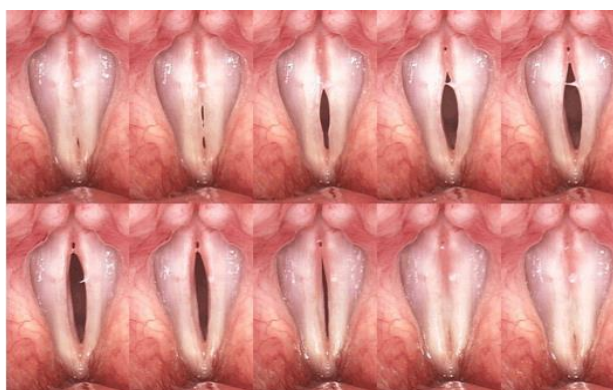


Figura 19. Montagem de imagens estroboscópicas obtidas em pontos sucessivos em vários ciclos glóticos (Krausert et al., 2011)

Na investigação de Patel et al. (2018), os autores sugerem a análise das seguintes características vibratórias das PV através da videoestroboscopia: regularidade (ou periodicidade), amplitude de vibração, onda mucosa, simetria, nível vertical, padrão de encerramento glótico, duração do encerramento glótico. O nível vertical e o padrão de encerramento glótico relacionam-se com a geometria das PV e os restantes parâmetros relacionam-se com a dinâmica das PV (Poburka & Bless, 1998). Para além destes também é possível analisar a atividade supraglótica, a função não vibratória e a frequência fundamental (Poburka, Patel & Bless, 2017; Sapienza & Ruddy, 2013).

Patel et al. (2018) e Poburka et al. (2017) definiram o parâmetro **regularidade (ou periodicidade)** como a consistência de ciclos estroboscópicos médios. Segundo Tsuji et al. (2014), este parâmetro refere-se à regularidade na duração dos ciclos sucessivos de vibração. Pode ainda, ser definida como a repetição

exata de um padrão espacial temporal (Bonilha & Deliyski, 2008). A vibração pode ser classificada como regular ou irregular.

A **amplitude** refere-se à extensão do movimento lateral da porção vibratória da PV no plano medial durante a fonação (Poburka et al., 2017). A excursão medial-lateral típica da porção membranosa da PV durante a fonação varia entre 0% e 100%, sendo que 100% corresponde à largura total visível das PV (Patel et al., 2018). A amplitude vibratória tem influência na variação da intensidade da fala sendo que mudanças neste parâmetro podem ter um impacto significativo na qualidade vocal de um indivíduo, o que resulta num aumento do grau de soprosidade e rouquidão. A amplitude vibratória deverá corresponder a metade da largura visível das PV com altura tonal⁴⁴ e intensidade subjetiva⁴⁵ habituais (Herbst, Hess, Müller, Švec & Sundberg, 2015).

A **onda mucosa** refere-se ao movimento lateral independente da mucosa sobre o corpo da PV. A extensão do movimento deve ser classificada através do movimento da onda mucosa em direção à superfície lateral e varia entre 0% e 100%, em que o 100% se refere à largura visível total da PV. A análise deve ser realizada separadamente para ambas as pregas (Dejonckere et al., 2001; Patel et al., 2018; Poburka et al., 2017). Os padrões da onda mucosa que podem ser observados são: a) **ausência de onda mucosa**, em que a onda mucosa visível está ausente; b) **onda mucosa diminuída**, onde se observa diminuição da onda mucosa no qual o grau de onda reduzida pode ser classificado em leve, moderado e grave; c) **onda mucosa normal**, na qual se observam as características esperadas; d) **onda mucosa aumentada**, onde se observa uma onda aparentemente maior do que o esperado (Rubin & Epstein, 2011). De acordo com Shaw e Deliyski (2008), a onda mucosa é um bom indicador global do comportamento vibratório. A presença e magnitude deste parâmetro são indicadores da tensão e elasticidade das PV, sendo estes dois últimos fatores essenciais para uma boa qualidade vocal.

A típica onda mucosa deverá percorrer cerca de metade da largura da superfície superior da PV durante a fonação normal (Hirano & Bless, 1993 cit in. Shaw & Deliyski, 2008). Em fonações com frequências mais elevadas (mais aguda) a onda mucosa é, geralmente, reduzida devido ao aumento da tensão longitudinal resultante da contração do músculo cricotiróideu. Fonações mais graves são associadas a uma maior onda mucosa. Na existência de patologia: quando a onda mucosa se encontra ausente ou reduzida durante a fonação poderá significar rigidez (diminuição da elasticidade), que pode ser resultado de lesões, edema ou cicatriz. Quando a onda mucosa se encontra aumentada, poderá significar flacidez dos tecidos das PV, podendo ser sugestivo de paresia ou atrofia muscular (Shaw & Deliyski, 2008; Yumoto, Kadota & Mori, 1996). A onda mucosa também se pode encontrar aumentada no caso de aumento da P_{sub} (Guimarães, 2007).

⁴⁴ Correlato áudio-percetivo da f_0 determinado pela pressão subglótica, comprimento e espessura das PV e fenómenos de ressonância (SPTF, 2020)

⁴⁵ Percepção auditiva de amplitude (altura da onda sonora) determinada pela quantidade e velocidade da pressão do ar subglótico (SPTF, 2020)

A **simetria** define-se como o grau em que as PV surgem como imagens espelhadas uma da outra durante um ciclo glótico relativamente ao tempo de abertura, encerramento e excursão lateral-medial máxima. Este parâmetro é classificado como simétrico ou quase simétrico, intermitentemente assimétrico e consistentemente assimétrico (Dejonckere et al., 2001; Patel et al., 2018; Poburka et al., 2017). De acordo com Behlau et al. (2001), este parâmetro analisa a quantidade de tempo em que as PV vibram de forma simétrica.

O **nível vertical** refere-se à diferença de nível entre as duas PV no ponto máximo de contacto (Poburka et al., 2017). Este parâmetro classifica-se como diferente ou semelhante sendo relevante indicar o nível (acima ou abaixo) da PV no caso de existir diferenças (Patel et al., 2018).

O **padrão de encerramento glótico** indica a configuração glótica durante o encerramento máximo das PV (Poburka et al., 2017). Esta configuração deverá ser classificada como **a)** encerramento completo, que ocorre quando não existe uma lacuna visível no encerramento máximo, **b)** fenda anterior, que ocorre quando o encerramento é realizado na parte posterior da laringe mas a fenda permanece num ponto do terço anterior, **c)** encerramento irregular, que ocorre quando o grau de encerramento é variável, isto é, completo em alguns pontos e incompleto noutros pontos, **d)** fenda fusiforme, que ocorre quando existe uma fenda ao longo da porção membranosa das PV com aproximações das PV nos processos vocais e próximo à comissura anterior, **e)** fenda posterior, que ocorre quando o encerramento é realizado ao longo das porções anterior e média da membrana das PV, **f)** fenda em ampulheta, que ocorre quando o encerramento é realizado em algum lugar ao longo da porção membranosa das PV, mas as fendas são vistas tanto anterior quanto posteriormente ao ponto de encerramento, **g)** ausência de encerramento, em toda a extensão das PV e **h)** encerramento variável, no qual se observa mais do que um padrão de encerramento (Dejonckere et al., 2001; Patel et al., 2018).

A **duração do encerramento glótico** refere-se à fração relativa de cada ciclo glótico em que a glote está fechada. Classifica-se como fase fechada ausente, fase aberta predominante, fase fechada predominante ou aproximadamente igual (Patel et al., 2018).

A **atividade supraglótica** permite avaliar o grau de compressão anteroposterior e lateral durante a fonação (Sapienza & Ruddy, 2013).

A avaliação da **porção não vibratória** possibilita a identificação das porções não vibratórias das PV durante a fonação (Sapienza & Ruddy, 2013).

3. Videolaringoscopia ultra-rápida e videoquimografia

A videolaringoscopia ultra-rápida é um método de obtenção de imagens detalhadas do ciclo de vibração das PV na sua totalidade. Neste método são gravadas cerca de 8000 imagens por segundo (Poburka et al., 2017). A videolaringoscopia ultra-rápida tem sido utilizada para quantificar os parâmetros fisiológicos das PV, investigar a transferência aerodinâmica de energia do fluxo glótico para o tecido das PV durante a fonação, determinar propriedades mecânicas dos tecidos que constituem as PV e na avaliação

dos efeitos de algumas perturbações vocais (Pinheiro et al., 2014). Os parâmetros avaliados através deste método são o encerramento glótico, simetria, periodicidade, ondamucosa, amplitude e fases do ciclo glótico, análise da atividade supraglótica e função não vibratória (Poburka et al., 2017; Tsuji et al., 2014).

Este método permite visualizar com precisão movimentos vibratórios muito irregulares. No entanto, quando comparado com a estroboscopia a nitidez das imagens é inferior. Para além disto, a câmara utilizada é dispendiosa e a grande quantidade de imagens obtidas mesmo que de um vídeo curto pode ser pode dificultar a sua análise. As imagens obtidas são a preto e branco dadas as limitações tecnológicas ao nível da taxa de aquisição de imagens rápidas (Behrman, 2007).

A videoquimografia é um método de avaliação laríngea em tempo real que se baseia na recolha de imagens (laringoscópicas ou videoquimográficas) de elevada velocidade (Fujita et al., 2004; Park et al., 2016; Svec & Sram, 2011). Neste método é utilizada uma câmara de vídeo modificada que grava imagens em, aproximadamente, 8000 Hz de uma linha que passa pelas PV. Este varrimento é realizado utilizando-se a porção medial das PV onde a amplitude vibratória é mais ampla. Como resultado, são exibidas imagens de linhas sucessivas em tempo real e apresentada no eixo vertical (y). Ao contrário da videolaringoscopia ultra-rápida a videoquimografia não recolhe a imagem da área total das PV (Behrman, 2007).

Este método possibilita descrever diversos parâmetros relevantes relacionados com as PV, nomeadamente a ausência de vibração das PV, interferência das estruturas em volta das PV, a variabilidade ciclo a ciclo, duração do encerramento glótico, presença de assimetrias entre ambas as PV, forma dos picos laterais, movimentos laterais da onda mucosa, duração das fases de abertura e encerramento e alterações que perturbam a forma do ciclo vibratório (Behrman, 2007; Švec & Schutte, 1996; Švec, Šram & Schutte, 2007).

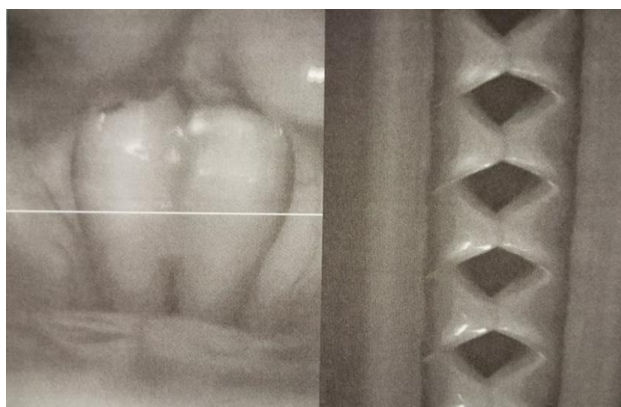


Figura 20. Imagens obtidas através da câmara videoquimográfica: a) à esquerda, imagem laringoscópica standard; b) à direita, imagem videoquimográfica do padrão vibratório das PV (Svec & Sram, 2011)

A grande vantagem da videoquimografia é obtenção de uma imagem verdadeira de ciclo a ciclo da vibração das PV que permite observar com clareza a irregularidade no movimento vibratório. Para além disto, os equipamentos são mais económicos do que os da videolaringoscopia ultra-rápida o que a torna

mais aplicável na prática clínica. No entanto, as imagens obtidas são a preto e branco, pouco intuitivas sendo um método que necessita de ser associado à estroboscopia ou videolaringoscopia ultra-rápida para que se consiga visualizar por completo as PV (Behrman, 2007).

4. Referências bibliográficas

- Behlau, M., Madazio, R., Feijó, D., Pontes, P. (2001). Avaliação da Voz. In *Voz: o livro do especialista* (pp. 85–180). Rio de Janeiro: Revinter.
- Behrman, A. (2007). *Speech and Voice Science*. Abingdon: Plural Publishing.
- Bonilha, H. S., Deliyiski, D. D., & Carolina, S. (2008). Period and Glottal Width Irregularities in Vocally Normal Speakers. *Journal of Voice*, 22(6), 699–708. <https://doi.org/10.1016/j.jvoice.2007.03.002>
- Collins, S. R. (2014). Direct and Indirect Laryngoscopy: Equipment and Techniques. *Respiratory Care*, 59(6), 850–864. <https://doi.org/10.4187/respcare.03033>
- Dejonckere, P. H., Bradley, P., Clemente, P., Cornut, G., Crevier-Buchman, L., Friedrich, G., ... Woisard, V. (2001). A basic protocol for functional assessment of voice pathology, especially for investigating the efficacy of (phonosurgical) treatments and evaluating new assessment techniques: Guideline elaborated by the Committee on Phoniatics of the European Laryngology. *European Archives of Oto-Rhino-Laryngology*, 258(2), 77–82. <https://doi.org/10.1007/s004050000299>
- Fujita, R., Ferreira, A. E., & Sarkovas, C. (2004). Avaliação videoquimográfica da vibração de pregas vocais no pré e pós hidratação. *Revista Brasileira de Otorrinolaringologia*, 70(6), 742–746. <https://doi.org/10.1590/s0034-72992004000600005>
- Guimarães, I. (2007). *A Ciência e a arte da voz humana*. Alcoitão: Escola Superior de Saúde do Alcoitão.
- Han, D., Xu, W. (2011). *Handbook of Voice Assessment: Laryngoscopic Examination- China Perspective* (pp. 121–128). San Diego: Plural Publishing.
- Heman-Ackah, Y. D., Sataloff, R. T. (2007). *Otolaryngologic Clinics of North America*. Elsevier Inc.
- Herbst, C. T., Hess, M., Müller, F., Švec, J. G., & Sundberg, J. (2015). Glottal Adduction and Subglottal Pressure in Singing. *Journal of Voice*, 29(4), 391–402. <https://doi.org/10.1016/j.jvoice.2014.08.009>
- Krausert, C. R., Olszewski, A. E., Taylor, L. N., McMurray, J. S., Dailey, S. H., & Jiang, J. J. (2011). Mucosal wave measurement and visualization techniques. *Journal of Voice*, 25(4), 395–405. <https://doi.org/10.1016/j.jvoice.2010.02.001>
- Lindestad, P. A. (2011). Stroboscopy in the Clinical Setting- Sweden Perspective. In Ma, E., & Yiu, E. (1 ed.), *Handbook of Voice Assessment*: (pp. 81–97). San Diego: Plural Publishing.
- Park, H. J., Cha, W., Kim, G. H., Jeon, G. R., Lee, B. J., Shin, B. J., ... Wang, S. G. (2016). Imaging and Analysis of Human Vocal Fold Vibration Using Two-Dimensional (2D) Scanning Videokymography. *Journal*

of Voice, 30(3), 345–353. <https://doi.org/10.1016/j.jvoice.2015.05.012>

- Patel, R., Awan, S., Barkmeier-Kraemer, J., Courey, M., Deliyski, D., Eadie, T., Paul, D., Svec, J., Hillman, R. (2018). Recommended Protocols for Instrumental Assessment of Voice: American Speech-Language-Hearing Association Expert Panel to Develop a Protocol for Instrumental Assessment of Vocal Function. *American Journal of Speech-Language Pathology*, 27(9), 887–905. <https://doi.org/10.1017/CB09781107415324.004>
- Pinheiro, A. P., Dajer, M. E., Hachiya, A., Montagnoli, A. N., & Tsuji, D. (2014). Graphical evaluation of vocal fold vibratory patterns by high-speed videolaryngoscopy. *Journal of Voice*, 28(1), 106–111. <https://doi.org/10.1016/j.jvoice.2013.07.014>
- Poburka, B. J., & Bless, D. M. (1998). A multi-media, computer-based method for stroboscopy rating training. *Journal of Voice*, 12(4), 513–526. [https://doi.org/10.1016/S0892-1997\(98\)80060-X](https://doi.org/10.1016/S0892-1997(98)80060-X)
- Poburka, B. J., Patel, R. R., & Bless, D. M. (2017). Voice-Vibratory Assessment With Laryngeal Imaging (VALI) Form: Reliability of Rating Stroboscopy and High-speed Videoendoscopy. *Journal of Voice*, 31(4), 513.e1-513.e14. <https://doi.org/10.1016/j.jvoice.2016.12.003>
- Rubin, J. S., Epstein, R. (2011). Stroboscopy in the Voice Clinic– United Kingdom Perspective. In Ma, E., & Yiu, E.(1ed.), *Handbook of Voice Assessment*: (pp. 113–120). San Diego: Plural Publishing.
- Sánchez-morillo, J., Gómez-diago, L., Rodríguez-gimillo, P., Herrera-collado, R., & Puchol-castillo, J. (2013). Evaluación de la vía aérea mediante laringoscopia indirecta en pacientes con hipertrofia de la amígdala lingual. *Acta Otorrinolaringológica Española*, 64(5), 345–351. <https://doi.org/10.1016/j.otorri.2013.04.004>
- Sapienza, C., Ruddy, B. H. (2013). *Voice Disorders* (2ed). San Diego: Plural Publishibg.
- Shaw, H. S., & Deliyski, D. D. (2008). Mucosal Wave: A Normophonic Study Across Visualization Techniques. *Journal of Voice*, 22(1), 23–33. <https://doi.org/10.1016/j.jvoice.2006.08.006>
- Simpson, B.; Rosen, C. (2008). *Operative Techniques in Laryngology*. Springer.
- Svec, J.G.; Sram, F. (2011). Videokymographic– Examination of Voice. In Ma, E., & Yiu, E.(1ed.), *Handbook of Voice Assessment*: (pp. 129–146). San Diego: Plural Publishing.
- Švec, J. G., & Schutte, H. K. (1996). Videokymography: High-speed line scanning of vocal fold vibration. *Journal of Voice*, 10(2), 201–205. [https://doi.org/10.1016/S0892-1997\(96\)80047-6](https://doi.org/10.1016/S0892-1997(96)80047-6)
- Švec, J. G., Šram, F., & Schutte, H. K. (2007). Videokymography in voice disorders: What to look for? *Annals of Otolaryngology, Rhinology and Laryngology*, 116(3), 172–180.

<https://doi.org/10.1177/000348940711600303>

Tsuji, D. H., Hachiya, A., Dajer, M. E., Ishikawa, C. C., Takahashi, M. T., & Montagnoli, A. N. (2014). Improvement of vocal pathologies diagnosis using high-speed videolaryngoscopy. *International Archives of Otorhinolaryngology*, *18*(3), 294–302. <https://doi.org/10.1055/s-0034-1372512>

Yumoto, E., Kadota, Y., & Mori, T. (1996). Vocal fold vibration viewed from the tracheal side in living human beings. *Otolaryngology - Head and Neck Surgery*, *115*(4), 329–334. [https://doi.org/10.1016/S0194-5998\(96\)70047-5](https://doi.org/10.1016/S0194-5998(96)70047-5)

9.2. Apêndice 2:

Avaliação instrumental indireta da dinâmica fonatória

Neste capítulo serão apresentados alguns tipos de avaliação instrumental que permitem aceder indiretamente à dinâmica fonatória das PV nomeadamente, a avaliação aerodinâmica, a electroglotografia, a avaliação acústica e filtragem inversa, sobre as quais será apresentada uma breve descrição.

1. Avaliação aerodinâmica

A produção da voz envolve diversos sistemas anatómicos e fisiológicos. Durante a fonação os sistemas respiratório e fonatório são essenciais para que se inicie e mantenha a vibração das PV (Stemple, Weinrich & Brehm, 2011).

A avaliação dos fatores aerodinâmicos da produção da voz fornecem informações relacionadas com as funções laríngea e respiratória (Stathopoulos & Sapienza, 1996). A avaliação aerodinâmica possibilita a produção de medidas relacionadas com o fluxo, pressão e volume de ar (Stemple, Weinrich & Brehm, 2011).

De acordo com Garaycochea, Alcalde e Fernández (2020) e Patel et al. (2018) as medidas aerodinâmicas permitem obter estimativas não invasivas de parâmetros aerodinâmicos básicos necessários à fonação. As medidas recomendadas por estes autores incluem a taxa média do fluxo de ar (obtida através da taxa de fluxo de ar oral durante a produção de vogais) e a P_{sub} média (obtida através da pressão de ar intraoral durante a produção de consoantes fricativas ou oclusivas). A P_{sub} constitui-se como uma variável essencial na regulação da intensidade e controlo da f_0 pelo que se torna relevante a sua medição (Behrman, 2007). A utilização conjunta da taxa média do fluxo de ar e P_{sub} média pode ser utilizada para determinar a R_g . Esta é calculada através da divisão do valor da P_{sub} pela taxa média do fluxo (Sapienza & Ruddy, 2013).

A taxa média do fluxo de ar durante a produção de uma vogal sustentada, em indivíduos com laringe saudável, varia entre 40 a 320 cc/seg nos homens e entre 50 a 220 cc/seg nas mulheres. Esta medida possibilita analisar a função laríngea (Sapienza & Ruddy, 2013). Um encerramento glótico inadequado (incompetência glótica) relaciona-se com uma taxa média do fluxo de ar superior aos valores de referência (Stemple, Weinrich & Brehm, 2011).

A P_{sub} , medida em cm H₂O, reflete a quantidade de pressão diretamente abaixo das PV desenvolvida pelo sistema respiratório para a produção de voz (Sapienza & Ruddy, 2013). Uma forma de medir a P_{sub} é através da medição da pressão de ar intraoral, dada em quilopascal, utilizando-se de um tubo intraoral. Nesta situação, pede-se ao indivíduo que a produção de consoantes oclusivas surdas associadas a uma vogal, podendo utilizar-se as sequências [papapa] ou [pipipi] uma vez que está demonstrada a semelhança nos valores de P_{sub} e pressão do ar para estas tarefas (Hertegard, Gauffin & Lindestad, 1995; Patel et al., 2018; Williams et al., 2001). Durante a produção do [p], as PV encontram-se abertas e os lábios estão fechados, o que possibilita que a pressão seja equilibrada em toda a via aérea superior (Sapienza & Ruddy,

2013). Uma P_{sub} aumentada é associada a um quadro de voz hiperfuncional (Stemple, Weinrich & Brehm, 2011).

Para além das medidas anteriores é importante referir a pressão do limiar de fonação que se refere à P_{sub} mínima necessária para desencadear a vibração das PV. É uma medida sensível a mudanças na biomecânica da laringe e em caso de patologia, os seus valores estão aumentados (Hoffman et al., 2018). De acordo com Titze, Jiang e Hsiao (1993), é uma medida que estabelece relação com a velocidade da onda de mucosa.

A recolha dos dados aerodinâmicos pode ser realizada através da utilização de uma máscara facial, ajustada ao nariz e boca – máscara de Rothenberg – que permite recolher e direcionar o fluxo de ar oral através de um pneumotacógrafo para medir o fluxo e volumes de ar (Patel et al., 2018; Rothenberg, 1977). A precisão e eficiência das medidas aerodinâmicas dependem dos procedimentos utilizados pelo que estas podem ser afetadas por erros tecnológicos, tipo de amostra de fala e a variabilidade intrassujeito (Stemple, Weinrich & Brehm, 2011).

As medidas aerodinâmicas também podem ser estudadas relativamente a médias de fluxo de ar durante a produção vocal, o número de respirações realizadas, volumes inspiratórios e expiratórios, tempo de fonação e duração da tarefa vocal (Belsky et al., 2020; Garaycochea et al., 2020).

O tempo máximo de fonação (TMF) em segundos (s), obtido através de uma vogal sustentada, permite avaliar a capacidade do indivíduo em gerir, de forma eficiente, a quantidade de ar necessária à fonação. Fornece informações relacionadas com a função das PV e suporte respiratório (Dejonckere et al., 2001; Stemple, Weinrich & Brehm, 2011). O valor médio para o GM é cerca de 24.9 s e 17.9s para o GF (Behrman, 2007). Behlau e Pontes (1995) encontraram valores de cerca de 20s para homens e 14s para mulheres.

O índice S/Z é utilizado para avaliar a integridade do encerramento glótico. O aumento da resistência laríngea ocorre com a produção da consoante [z] em relação à consoante [s] uma vez que a glote está aberta para o [s] (resistência mínima) e a vibrar para o [z] (maior resistência). Em casos sem perturbações ao nível das PV, o indivíduo deveria ser capaz de produzir as duas consoantes com durações iguais, cerca de 15 a 25s (Behlau et al., 2001) o que resultaria num valor de índice igual a 1. Quando o encerramento glótico é incompleto verifica-se que a resistência glótica está diminuída, permitindo maior escape de ar. Neste caso, o [z] terá uma duração menor o que possibilita um índice maior do que 1 (Behrman, 2007). Um valor de índice superior a 1.2 é indicativo de alterações na coaptação glótica e quanto maior este valor menor será o controlo laríngeo à passagem do ar. Valores inferiores a 0.8 podem ser indicativos de capacidade respiratória reduzida ou fraco controlo expiratório (Behlau et al., 2001; Guimarães, 2007).

2. Eletroglotografia

De acordo com Krausert et al. (2011) e Epstein (2011) a electroglotografia define-se como uma técnica não invasiva usada para avaliar o contacto das PV durante a fonação ao longo do tempo. Este método mede as alterações na resistência eléctrica entre os eléctrodos que são colocados em ambos os lados das lâminas da cartilagem tiróide. De acordo com os autores, à medida que aumenta a área de contacto entre as PV a impedância diminui, sendo que estas alterações na impedância são representadas na forma de onda do ciclo glótico em função do tempo. As formas de onda descrevem a duração, coordenação e padrões de contacto dentro do ciclo glótico (Krausert et al., 2011). Smith e Titze (2018) descrevem oito tipos de padrões de contacto. O ápice da forma de onda indica a fase fechada do ciclo vibratório, onde ocorre o contacto máximo entre as PV, e portanto a condução máxima da corrente. A fase aberta do ciclo é dado pelo "vale" na forma de onda, onde ocorre a condução mínima da corrente (Epstein, 2011).

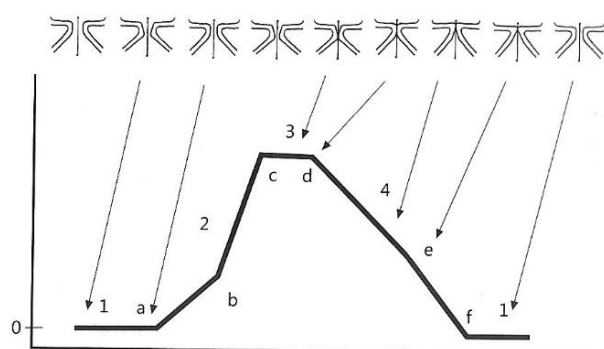


Figura 21. Onda eletroglotográfica típica (Guimarães, 2007)

O *contact quotient* ($Q_{\text{ContactEGG}}$) em % é uma medida obtida através da electroglotografia e reflete a duração do contacto das PV no ciclo vibratório total (Kankare et al., 2012). Alguns estudos referem que através desta medida é possível detetar diferentes tipos de qualidade vocal: soprosa, normal ou tensa. No estudo de Peterson et al. (1994), os autores obtiveram valores intermédios de $Q_{\text{ContactEGG}}$ para vozes normais, valores baixos para vozes soprosas e valores elevados para vozes tensas. Estes achados vão de encontro aos resultados do estudo realizado por Verdolini et al. (1998). De acordo com Verdolini et al. (1998) e Guimarães (2007), os valores de $Q_{\text{ContactEGG}}$ em condições vocais normais variam entre 40 a 60%.

Master et al. (2013) referem para além do $Q_{\text{ContactEGG}}$, o *opening quotient* (Q_{opening}) e o *closing quotient* (Q_{closing}) que medem a relação entre a fase de abertura e a duração total do ciclo glótico em % e a relação entre a fase de encerramento e a duração total do ciclo glótico em %, respetivamente. Para além destes existe, ainda, o quociente de perturbação do período e o quociente de perturbação da amplitude. O primeiro reflete a irregularidade do período e o segundo, a variabilidade ciclo a ciclo da área de contacto das PV (Baken & Orlikoff, 2010), refletindo a aperiodicidade da vibração.

3. Análise do sinal acústico

A análise acústica é uma forma de avaliação não invasiva que permite determinar e quantificar a qualidade vocal através de diferentes parâmetros acústicos (Guimarães, 2007). Este tipo de análise permite detetar alterações vocais, a documentação da evolução do processo terapêutico e fornece informação visual e dados quantitativos que descrevem a vibração das PV (Behlau et al., 2001; Eadie & Doyle, 2005; Nemr et al., 2005). Este método de avaliação deve ser realizado após a análise perceptiva da voz da qual depende e, por isso, é complementar (Behlau et al., 2001). Com o avanço da tecnologia tornou-se um método de análise frequentemente utilizado em contexto clínico e com bastante importância na deteção de perturbações vocais, comparando os dados recolhidos com bases de dados normativos (Ambreen et al., 2017; Teixeira et al., 2013).

A validade e fiabilidade da análise acústica realizada com recurso a diferentes ferramentas são afetadas por diversos fatores entre os quais, o tipo de microfone utilizado, o nível de ruído ambiente, a taxa de amostragem e o *software* utilizado para a realização da análise. Para além destes fatores deve considerar-se, também, os fatores humanos como o género do indivíduo e a variabilidade intrassujeito (Deliyski et al., 2006; Lovato et al., 2016). A fiabilidade da medição diminui com o aumento da irregularidade da voz uma vez que este método depende do nível exato de pressão sonora e da frequência fundamental (Brockmann et al., 2008).

Na prática clínica do TF são diversos os parâmetros acústicos avaliados através da análise acústica. De acordo com diversos autores, os mais relevantes são a f_0 , a intensidade, as medidas de perturbação da frequência (*jitter*) e da amplitude do sinal (*shimmer*), bem como o nível de componente não-harmónica na fonação (*harmonic-to-noise ratio* - HNR) (Budder, 2004; Guimarães, 2007; Petrovic-Lazic et al., 2015; Teixeira et al., 2013). Para além destas medidas, Wuyts et al. (2000) sugeriu o *Dysphonia Severity Index* que combina algumas das medidas anteriores para prever a gravidade da disfonia.

No estudo de Patel et al. (2018) são sugeridas algumas recomendações que têm como objetivo definir medidas acústicas quantitativas associadas aos parâmetros perceptivo-auditivos: intensidade subjetiva (SPL-*sound level pressure*), *altura tonal* (f_0) e qualidade (periodicidade do sinal ou medidas de base espectral). Estes autores referem, ainda, a existência de uma medida acústica espectral que se correlaciona com a qualidade vocal: o *Cespral Peak Prominence* (CPP) que será abordado adiante.

De acordo com diversas investigações, as medidas de perturbação da frequência e amplitude da onda sonora são preditores importantes de perturbações vocais (Gelzinis et al., 2008; Ortega et al., 2009) por conseguirem discriminar entre vozes saudáveis e vozes alteradas (Brockmann et al., 2008; Horii, 1980).

a) Frequência Fundamental (f_0)

Af_0 define-se como a velocidade em que uma onda sonora se repete por unidade de tempo. A nível fisiológico é um parâmetro que reflete o número de ciclos vibratórios produzidos pelas PV, num segundo (Baken & Orlikoff, 2010; Behlau et al., 2001). Desta forma, assume-se como o resultado da interação entre diversos componentes biomecânicos – comprimento das PV, massa em vibração e tensão – durante a fala

(Behlau et al., 2001; Felipe et al., 2006). Quanto mais alongada for a PV maior será a velocidade de vibração, o que resulta numa f_0 mais elevada (Oliveira, Gama & Magalhães, 2019). Também a tensão tem influência na f_0 . Quanto maior a tensão, mais rápidos serão os ciclos vibratórios, dando origem a uma f_0 também mais elevada e perceptivamente mais aguda. Por outro lado, quanto maior a massa em vibração mais lento fica o ciclo o que resulta num decréscimo dos valores de f_0 , sendo esta mais baixa e perceptivamente mais grave (Behlau et al., 2001).

De acordo com Carson, Ingrisan e Eggleston (2003), a f_0 é considerada um parâmetro acústico muito estável e com menor sensibilidade às condições de gravação da voz. Os valores de referência deste parâmetro variam de acordo com o género e idade, treino vocal, tarefa vocal utilizada na avaliação e estilo de vida (Baken & Orlikoff, 2010; Guimarães, 2007). A unidade de medida de f_0 pode ser dada em ciclos por segundo, Hertz (Hz) ou semitons. As duas primeiras são as mais comuns (Baken & Orlikoff, 2010; Patel et al., 2018).

Para se quantificar a dinâmica vocal de f_0 são também utilizados os valores da f_0 média, desvio-padrão (Dp) de f_0 , f_0 máxima e f_0 mínima o que permite descrever a extensão tonal⁴⁶ e gama tonal⁴⁷ (Baken & Orlikoff, 2010). Os valores de f_0 máxima e f_0 mínima podem refletir os limites fisiológicos da voz. Alguns estudos referem que os valores de f_0 máxima são menores em indivíduos com nódulos ou edema ao contrário de indivíduos com vozes saudáveis (Barrett, Lam & Yiu, 2018). Para além disto, espera-se alguma variabilidade de f_0 que é dada pelo Dp, em Hz (Buder, 2000; Freitas, 2012). A medição desta variabilidade através de vogais sustentadas, não deve ultrapassar os 2 Hz (Freitas, 2012). Alguns valores de referência de f_0 e Dp para vozes normais são apresentados na tabela 22:

Tabela 22. Valores de referência de f_0 e Dp para a vogal [a]

Fonte	Tarefa	Software	Amostra	f_0 média (Hz)	f_0 Dp (Hz)
Araújo et al. (2002)	Vogal [a] Português do Brasil	--	GM [20-40 anos]	127.61±20.26	
			GF [20-40 anos]	215.42±53.85	
Guimarães e Abberton (2005)	Vogal [a] PE	Speech Studio	GM [19-40 anos]	121.0±6.2	
			GF [19-40 anos]	212.5±6.6	
			GM [41-67 anos]	102.1±8.9	
			GF [41-67 anos]	210.2±10.1	
Belo (2015)	Vogal [a] PE	Praat	GM [18-45 anos]	109.5±16.6	
			GF [18-45 anos]	198.1±26.9	
			GM [46-65 anos]	119.8±17.9	
			GF [46-65 anos]	187.8±23.8	
			GF [>65 anos]	137.0±24.7	
Delgado et al. (2017)	Vogal [a] Espanhol	Praat	GM [idade média: 37.38 anos]	109.99±15.08	1.20±0.48
			GF [idade média: 37.38 anos]	194.94±23.44	1.65±0.69

Legenda: Valores obtidos através de diferentes *softwares*; GM- Género masculino; GF- Género feminino

⁴⁶ Número de semitons (notas) que indivíduo consegue produzir (da mais grave à mais aguda) (Behlau, 2001)

⁴⁷ Número de semitons (notas) acima e abaixo de f_0 utilizadas durante a fala encadeada (Behlau, 2001)

b) Intensidade

A intensidade de um sinal acústico é definida como a sua potência por unidade área em watts (Baken & Orlikoff, 2010; Behrman, 2007). As variações de intensidade dependem de mudanças simultâneas nos sistemas **respiratório** (forças aerodinâmicas que permitem iniciar e manter as oscilações das PV- P_{sub} e fluxo de ar) e **laríngeo** (ação da musculatura intrínseca da laringe que controla o padrão de encerramento, a rigidez e tensão nas PV) (Stathopoulos & Sapienza, 1997; Chhetri & Park, 2016). De acordo com Sundberg, Titze e Scherer (1993) a intensidade é regulada, principalmente, pela P_{sub} (nível subglótico) sendo que também pode ser influenciada por mudanças a nível glótico e supraglótico (Pinho et al., 2006). De acordo com Pinho et al. (2006), o aumento da potência aerodinâmica no nível subglótico provoca o aumento da P_{sub} e, conseqüentemente, o aumento da intensidade. No nível glótico, a ação dos músculos adutores das PV, principalmente o tireoaritenóideu, provoca o aumento da R_g ao fluxo de ar expiratório. Neste caso, a fase fechada do ciclo glótico terá uma maior duração. A P_{sub} aumenta até conseguir ultrapassar a R_g , havendo uma P_{sub} maior em cada abertura das PV no ciclo, o que incita o aumento da intensidade vocal. Por fim, a nível supraglótico a intensidade vocal é regulada devido ao efeito de filtro do trato vocal.

Ao contrário da f_0 , a intensidade não é medida pelo valor absoluto. Neste caso, a intensidade é medida como a potência relativa de um som para outro. Assim, a intensidade da fala é medida a nível de pressão sonora (*sound pressure level*– SPL) e é dada em dB (Baken & Orlikoff, 2010; Behrman, 2007). Patel et al. (2018) recomendam a medição do SPL habitual, SPL mínimo e SPL máximo. Tal como na f_0 também a intensidade máxima e intensidade mínima podem refletir os limites fisiológicos da voz. Alguns estudos referem que indivíduos com encerramento glótico incompleto produzem valores de intensidade máxima inferiores aos valores da intensidade máxima de indivíduos com vozes saudáveis (Barrett, Lam & Yiu, 2018).

De acordo com Oguz et al. (2007) os valores médios de referência para a intensidade vocal são 68.72 dB para o género masculino e 70.21 dB para o género feminino na tarefa de vogal sustentada. No estudo de Goy et al. (2013), os autores indicam valores médios para ambos os géneros: cerca de 74.6 dB para homens jovens (entre 18–28 anos) e 74 dB para homens mais velhos (entre 65–86 anos), 74.7 dB para mulheres jovens (entre 18–27 anos) e 74 dB para mulheres mais velhas (entre 63–82 anos).

As condições de recolha são variáveis importantes que devem ser controladas. A distância da boca do indivíduo ao microfone é uma delas e em diversos estudos é referida a distância de 30 cm (Duarte et al., 2020; Patel et al., 2018). Segundo Behrman (2007), o mais importante é descrever a distância e utilizar sempre a mesma em todas medições e posteriores comparações. Também é necessário ter em conta a calibração do sinal e as condições de gravação do meio envolvente (Patel et al., 2018).

c) Jitter

O *jitter* é uma medida de perturbação definida como a variabilidade da f_0 de ciclo a ciclo. É indicativa de alterações no padrão vibratório das PV e o seu valor seria igual a zero se o sistema fonador fosse ideal e completamente estável. Quanto maiores forem os valores do *jitter* mais aperiódica é a vibração das PV

(Baken & Orlikoff, 2010; Behlau et al., 2001; Manfredi et al., 2012). Este parâmetro acústico correlaciona-se com a presença de aspereza e rouquidão (Martens et al., 2007; Yumoto et al., 1984) e sopro (Dejonckere, 1995; Vaz Freitas et al., 2015).

A medição dos valores do *jitter* pode ser realizada através de medidas absolutas ou relativas. As primeiras ignoram a f_0 e as segundas têm em conta este parâmetro (Manfredi et al., 2012). As medidas do *jitter* mais referidas na literatura são: *jitter* local ou relativo (%), *jitter* absoluto, *Relative Average Perturbation- RAP* (%) e *Pitch Period Perturbation Quocient- PPQ* (%) (Ambreen et al., 2017; Vasilakis & Stylianou, 2009). No presente trabalho irá ser utilizado o *jitter* local como valor de referência. Na tabela 23 são apresentados alguns valores de *jitter* local em vozes normais:

Tabela 23. Valores de referência do *jitter* local para a vogal [a]

Fonte	Tarefa	Software	Amostra	<i>Jitter</i> local (%)
Delgado et al. (2017)	Vogal [a] Espanhol	<i>praat</i>	GM [idade média: 37.38 anos]	0.49±0.19
			GF [idade média: 37.38 anos]	0.41±0.17
Brockmann et al. (2011)	Vogal [a] Alemão/ Suíço	<i>praat</i>	GM [20-40 anos]	0.30±0.05
			GF [20-40anos]	0.37±0.07

Legenda: Valores obtidos através do *praat*; GM- Género masculino; GF- Género feminino

d) *Shimmer*

O *shimmer* é uma medida de perturbação da amplitude de curto termo. Os seus valores permitem quantificar a instabilidade da amplitude, que não altera as características qualitativas da forma da onda vocal. Esta medida representa as alterações irregulares na amplitude dos ciclos vibratórios, em ciclos sucessivos. O seu valor seria zero se o sistema fonador fosse completamente estável e quanto maior o ruído de uma emissão mais elevados são os seus valores (Baken & Orlikoff, 2010; Behlau et al., 2001).

O *shimmer* encontra-se alterado na presença de lesões nas PV ou redução da R_g (Teixeira et al., 2013). É um parâmetro que se correlaciona com a presença de sopro (Martens et al., 2007). Na investigação de Vaz Freitas et al. (2015), os autores concluíram que o *shimmer* (local) também se correlaciona de forma significativa com a rouquidão e o grau de alteração da voz.

As medidas do *shimmer* são: *shimmer* local (%), *shimmer* (dB), *shimmer* (apq3), *shimmer* (apq5) e *shimmer* (DDA) (Teixeira et al., 2013). No presente trabalho irá ser utilizado o *shimmer* local como valor de referência. Na tabela 24 são apresentados alguns valores de referência para o *shimmer* local em vozes normais:

Tabela 24. Valores de referência do shimmer local para a vogal [a]

Fonte	Tarefa	Software	Amostra	Shimmerlocal (%)
Delgado et al. (2017)	Vogal [a] Espanhol	Praat	GM [idade média: 37.38 anos]	2.38±1.10
			GF [idade média: 37.38 anos]	1.48±0.54
Ambreen et al. (2017)	Vogal [a] Paquistão	Praat	GM [21-30 anos]	2.40±0.77
			GF [21-30anos]	2.20±1.06
			GM [31-40 anos]	3.10±1.69
			GF [31-40anos]	2.86±0.97
			GM [41-50 anos]	4.05±3.09
			GF [41-50anos]	2.28±0.61

Legenda: Valores obtidos através do *praat*; GM- Género masculino; GF- Género feminino

e) *Harmonic-to-noise ratio (HNR)*

Yumoto et al. (1982) propuseram na sua investigação um método objetivo para deteção de perturbações vocais através da avaliação da rouquidão e para a avaliação dos resultados do tratamento da mesma, o *harmonic-to-noise ratio* (HNR). Verificaram que esta medida é útil na avaliação quantitativa de ruído em relação ao componente harmónico, isto é, relaciona a componente periódica e aperiódica do sinal (Guimarães, 2007). De acordo com Martens et al. (2007), o HNR reflete a presença de ruído entre os 1500 e 4500 Hz. Esta medida relaciona-se com a soproidade (Martens et al., 2007) e grau de rouquidão (Yumoto et al., 1984). No estudo de Vaz Freitas et al. (2015) os autores verificaram que existe uma relação inversamente proporcional entre o HNR e os parâmetros perceptivos grau de alteração, soproidade e astenia, isto é, quando os valores do HNR aumentam os valores dos parâmetros perceptivos diminuem.

Segundo Yumoto et al. (1982), valores inferiores a 7.4 dB são considerados patológicos sendo os valores de referência se situam entre 7.0 e 17 dB. No estudo de Awan e Frenkel (1994), os autores obtiveram os valores 15.38 dB para esta medida. Já no estudo de Kojima et al. (1980) os valores encontrados variaram entre 15.0 e 23.5 dB. Os valores apresentados referem-se à vogal sustentada. Na tabela 25 são apresentados valores de referência do HNR, em tarefa de vogal sustentada, obtidos através do *software praat* para ambos os géneros:

Tabela 25. Valores de referência do HNR para a vogal [a]

Fonte	Tarefa	Software	Amostra	HNR (dB)
Belo (2015)	Vogal [a] PE	Praat	GM [18-45 anos]	16.57±3.33
			GF [18-45 anos]	18.15±3.98
			GM [46-65 anos]	16.35±2.58
			GF [46-65 anos]	17.07±3.86
			GM [>65 anos]	15.90±3.96
			GF [>65 anos]	16.11±3.82
Delgado et al. (2017)	Vogal [a] Espanhol	Praat	GM [idade média: 37.38 anos]	22.94±3.23
			GF [idade média: 37.38 anos]	25.63±3.76

Legenda: Valores obtidos através do *praat*; GM- Género masculino; GF- Género feminino

Uma das explicações para a variação de valores do HNR entre estudos poderá ser justificada pelas diferenças metodológicas ao nível dos *software* utilizados e os algoritmos estabelecidos para o cálculo desta medida (Yumoto et al., 1982).

f) *Dysphonia Severity Index (DSI)*

Sabe-se que nem todos os parâmetros acústicos se correlacionam significativamente com a qualidade vocal percebida (Heman-Ackah et al., 2002; Yumoto et al., 1984). Desta forma, Wuyts et al. (2000) desenvolveu uma abordagem multiparamétrica que combina diversos parâmetros acústicos e aerodinâmicos para estabelecer uma correlação objetiva com a qualidade vocal: o DSI. O autor considerou parâmetros como o *jitter* (%), *shimmer* (%), HNR, f_0 mais alta da extensão tonal, intensidade mais baixa da dinâmica vocal e o TMF para construir a fórmula do DSI que se traduz:

$$\text{DSI} = 0,133 * \text{MPT} + (0,00533 * f_0 \text{ máxima}) - (0,263 * I \text{ mínima}) - (1,183 * \text{Jitter}\%) + 12,4$$

Os valores do DSI variam entre -5 e +5 traduzindo-se, respetivamente, em presença de disfonia e ausência de disfonia. O resultado relaciona-se com a avaliação percetivo-auditiva do grau global de disfonia que varia de 0 a 3. Ao grau 0 de alteração vocal (voz normal) corresponde o valor do DSI +5 e ao grau 3 de alteração vocal (disfonia de grau severo) corresponde o valor de DSI - 5. Quanto mais negativo for o valor do DSI pior é a qualidade vocal do indivíduo (Wuyts et al., 2000). No entanto, os valores dos achados clínicos não se limitam ao intervalo mencionado, podendo encontrar-se valores de -6. Isto é resultado de valores elevados de *jitter* (Wuyts et al., 2000).

A validade e fiabilidade das medidas acústicas mais comumente utilizadas na avaliação objetiva da qualidade vocal está dependente da determinação precisa da f_0 . Para além disto, as medidas acústicas são frequentemente obtidas através de amostras de vogais sustentadas. Dado que a extração da f_0 pode ser difícil em vozes muito alteradas e as vogais sustentadas podem não ser representativas da qualidade vocal na fala contínua, são diversas as investigações que tentam colmatar estas limitações (Mehta & Hillman, 2008; Zeitels, Blitzer & Hillman, 2007). Neste seguimento surgem as abordagens baseadas na análise *cepstral* que pode ser obtida não só através de vogais como também de amostras de segmentos de fala. O CPP é uma das medidas que têm sido estudadas (Mehta & Hillman, 2008).

g) *Cepstral Peak Prominence (CPP)*

O *cepstrum* é um método de extração da f_0 de um sinal de fala que se baseia na transformada de Fourier de um espectro (Baken & Orlikoff, 2010; Heman-Ackah et al., 2003). Desta forma, o *cepstrum* é uma representação espectral do próprio espectro. Quando um espectro produz um *cepstrum* é considerado uma forma de onda complexa resultado da soma de diversas ondas sinusoidais menores. Cada onda menor tem

uma amplitude e uma frequência, sendo que esta frequência se denomina de *quefrequency*. A *quenfrequency* é, então, a frequência de ocorrência da frequência no espectro de potência, em segundos. Segundo Baken e Orlikoff (2010) o *cepstrum* possibilita o conhecimento de características da função de filtro do trato vocal.

O CPP, dado em dB, é uma medida acústica que é obtida através do *cepstrum* de uma onda sonora e que se tem mostrado promissora como marcador acústico da disфонia (Watts, Awan & Maryn, 2017) porque não depende da extração precisa da f_0 (difícil de estabelecer para vozes alteradas) (Brinca et al., 2014). Esta medida, obtida através de regressão linear, refere-se à amplitude relativa do pico *cepstral* – *rahmonic* – e representa o grau de periodicidade do sinal de voz (Hillenbrand & Houde, 1996; Watts, Awan & Maryn, 2017).

Os sinais periódicos apresentam um pico *cepstral* proeminente (maior amplitude) e valores elevados de CPP o que corresponde a uma f_0 e estrutura harmónica bem definidas (Awan & Roy, 2009; Heman-Ackah et al., 2003). Os mesmos investigadores demonstraram que esta medida se correlaciona perceptivamente com o grau de severidade global da disфонia. Para além disto, Hillenbrand e Houde (1996) demonstraram, também, que o CPP se correlaciona fortemente com a soproidade.

As medidas do CPP podem ser extraídas de tarefas de vogal sustentada e de discurso espontâneo devendo ser classificadas como tal, isto é, no caso de a sua origem ser uma vogal – CPPvogal – e no caso de ser o discurso espontâneo, leitura, ou outra tarefa de fala – CPPfala (Awan et al., 2016). Ainda no caso das vogais, o CPP deve ser extraído da porção mais estável do meio de cada uma das três vogais produzidas. O seu valor final é calculado com a informação proveniente das três vogais (Patel et al., 2018). Segundo Phadke et al. (2018), os valores de referência para vozes sem alterações são 23.8 dB no GF. Mahaligam et al. (2020) obtiveram 26.4 dB para vozes sem alterações em ambos os géneros. Os valores de CPP apresentados são referentes à tarefa de vogal sustentada e foram obtidos através do *software praat*.

De acordo com Patel et al. (2018), a utilização do CPP é vantajosa em relação à utilização de algumas medidas tradicionais – *jitter* e *shimmer* – que são válidas apenas para disfonias leves a moderadas e para contextos de vogais sustentadas de duração relativamente longa. Para além disto, o facto de ser uma medida que se obtém com relativa facilidade e sem necessidade de grandes recursos económicos fazem dela uma ferramenta potencial no rastreio das disfonias (Awan et al., 2016).

h) *Smoothed Cepstral Peak Prominence (CPPS)*

De acordo com Brockmann-Bauser et al. (2019) o *Smoothed Cepstral Peak Prominence (CPPS)* é uma variante do CPP. Esta medida passa por um processamento adicional de suavização no domínio temporal e domínio espectral antes de a proeminência do pico ser calculada. Este processo dá origem a uma representação mais clara do sinal (Hasanvand, Salehi & Ebrahimipour, 2016).

No estudo de Sauder, Bretl e Eadie (2007) os autores mencionaram que o CPPS tem grande capacidade em prever uma perturbação da voz através de amostras de fala espontânea analisadas através do *praat*.

Na literatura são alguns os estudos que mencionam valores de referência desta medida na tarefa de vogal sustentada. No estudo de Phadke et al. (2018), os autores mencionam valores de CPPS iguais a 13.9 dB para o GF. Mahaligam et al. (2020) referem 15.04 dB para vozes sem alterações em indivíduos de ambos os géneros. Os valores apresentados foram obtidos para a tarefa de vogal sustentada através do *software praat*. Quando é retirado da vogal sustentada deverá denominar-se $CPPS_{vogal}$.

4. Filtragem inversa

A filtragem inversa é um método de obtenção do sinal da fonte glótica cujo objetivo é eliminar os efeitos acústicos provocados pelas cavidades de ressonância do trato vocal no som irradiado (Gobl & Mahshie, 2013; Sundberg, Lã & Gill, 2016). O processo envolve a passagem do sinal de fala através de um conjunto de filtros cuja função de transferência é o inverso da função de transferência do trato vocal. O sinal resultante fornece informações sobre a fonte glótica antes de ser alterado pelo efeito de filtro das cavidades de ressonância do trato vocal (Gobl & Mahshie, 2013). De acordo com Sundberg, Lã e Gill (2016) é um método que oferece dados sobre a forma de onda do fluxo de ar glótico (glotograma de fluxo) e sobre as frequências e larguras de banda dos formantes.

O glotograma de fluxo fornece informações relevantes sobre o tipo de fonação, o nível de pressão sonora, a regularidade da vibração das PV e o encerramento glótico (Fritzell, 1992). Através do glotograma de fluxo é possível obter os seguintes parâmetros: duração da fase fechada do ciclo glótico, amplitude pico a pico, taxa de declinação de fluxo máximo e diferença de nível entre o primeiro e segundo harmónico da fonte da voz (Salomão & Sundberg, 2008; Sundberg, 2017). Gauffin e Sundberg (1980) verificaram que a amplitude pico a pico do glotograma de fluxo tende a variar na mesma proporção que a intensidade em SPL. Para além destes achados, conseguiram corroborar a correlação entre a amplitude pico a pico e a amplitude da fonte vocal, sendo que os valores destas variáveis são superiores em vozes soprosas e mais baixos em vozes tensas.

5. Referências bibliográficas

- Ambreen, S., Bashir, N., Tarar, S. A., & Kausar, R. (2017). Acoustic Analysis of Normal Voice Patterns in Pakistani Adults. *Journal of Voice*, 33(1), 124.e49-124.e58. <https://doi.org/10.1016/j.jvoice.2017.09.003>
- Araújo, S. A., Grellet, M., Pereira, J. C., & Rosa, M. O. (2002). Normatização de medidas acústicas da voz normal. *Revista Brasileira de Otorrinolaringologia*, 68(4), 540-544. <https://doi.org/10.1590/s0034-72992002000400014>
- Awan, S. N., & Frenkel, M. L. (1994). Improvements in estimating the harmonics-to-noise ratio of the voice. *Journal of Voice*, 8(3), 255-262. [https://doi.org/10.1016/S0892-1997\(05\)80297-8](https://doi.org/10.1016/S0892-1997(05)80297-8)
- Baken, R. J.; Orlikoff, R. F. (2010). *Clinical Measurement of Speech and Voice* (2nd). Cengage Learning.
- Barrett, E. A., Lam, W., & Yiu, E. M. L. (2018). Elicitation of Minimum and Maximum Fundamental Frequency and Vocal Intensity: Discrete Half Steps Versus Glissando. *Journal of Voice*, 34(2), 179-196. <https://doi.org/10.1016/j.jvoice.2018.09.023>
- Behlau, M., Madazio, R., Feijó, D., Pontes, P. (2001). Avaliação da Voz. In *Voz: o livro do especialista* (pp. 85-180). Rio de Janeiro: Revinter.
- Behlau, M., Pontes, P. (1995). *Avaliação e Tratamento de Disfonias*. São Paulo: Lovise.
- Behrman, A. (2007). *Speech and Voice Science*. Abingdon: Plural Publishing.
- Belo, I. D. (2015). *Valores de Referência de Parâmetros Acústicos para a voz normal no Português Europeu*. Universidade de Aveiro.
- Belsky, M. A., Rothenberger, S. D., Gillespie, A. I., & Gartner-Schmidt, J. L. (2020). Do Phonatory Aerodynamic and Acoustic Measures in Connected Speech Differ Between Vocally Healthy Adults and Patients Diagnosed with Muscle Tension Dysphonia? *Journal of Voice*. <https://doi.org/10.1016/j.jvoice.2019.12.019>
- Brockmann-Bausser, M., Van Stan, J. H., Carvalho Sampaio, M., Bohlender, J. E., Hillman, R. E., & Mehta, D. D. (2019). Effects of Vocal Intensity and Fundamental Frequency on Cepstral Peak Prominence in Patients with Voice Disorders and Vocally Healthy Controls. *Journal of Voice*, 1-7. <https://doi.org/10.1016/j.jvoice.2019.11.015>
- Brockmann, M., Storck, C., Carding, P., Drinnan, M. J. (2008). Voice Loudness and Gender Effects. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 51, 1152-1161. [https://doi.org/doi:10.1044/1092-4388\(2008/06-0208\)](https://doi.org/doi:10.1044/1092-4388(2008/06-0208))
- Brockmann, M., Drinnan, M. J., Storck, C., & Carding, P. N. (2011). Reliable Jitter and Shimmer

- Measurements in Voice Clinics: The Relevance of Vowel , Gender , Vocal Intensity , and Fundamental Frequency Effects in a Typical Clinical Task. *Journal of Voice*, 25(1), 44–53. <https://doi.org/10.1016/j.jvoice.2009.07.002>
- Budder, E. (2004). Acoustic Assessment of Voice. In *The MIT Encyclopedia of Communication Disorders* (pp. 3–6). Massachusetts: Massachusetts Institute of Technology.
- Buder, E. H. (2000). Acoustic Analysis of Voice Quality: A Tabulation of Algorithms 1902–1990. In *Voice Quality Measurements*.
- Carson, C. P., Ingrisano, D. R. S., Eggleston, K. D. (2003). The effect of noise on computeraided measures of voice: a comparison of CSpeechSP and the multidimensional voice program software using the CSL, 4300 module and multi-speech for windows. *Journal of Voice*, 17, 12–20.
- Dejonckere, P.H. (1995). Principal components in voice pathology. *Journal of Voice*, 4(96–105).
- Dejonckere, P. H., Bradley, P., Clemente, P., Cornut, G., Crevier-Buchman, L., Friedrich, G., ... Woisard, V. (2001). A basic protocol for functional assessment of voice pathology, especially for investigating the efficacy of (phonosurgical) treatments and evaluating new assessment techniques: Guideline elaborated by the Committee on Phoniatics of the European Laryngolo. *European Archives of Oto-Rhino-Laryngology*, 258(2), 77–82. <https://doi.org/10.1007/s004050000299>
- Delgado, J., León, N. M., Jiménez, A., & Laura, M. (2017). Análisis acústico de la voz : medidas temporales , espectrales y cepstrales en la voz normal con el Praat en una muestra de hablantes de español. *Journal of research at Logopedia*, 7(2), 108–127.
- Deliyski, D. D., Shaw, H. S., Evans, M. K., & Vesselinov, R. (2006). Regression tree approach to studying factors influencing acoustic voice analysis. *Folia Phoniatica et Logopaedica*, 58(4), 274–288. <https://doi.org/10.1159/000093184>
- Duarte, J. M. T., de Souza, G. V. S., Simões-Zenari, M., & Nemr, K. (2020). The Actor's Voice: Vocal Performance Assessment by Different Professionals. *Journal of Voice*. <https://doi.org/10.1016/j.jvoice.2020.06.019>
- Eadie, T. L., & Doyle, P. C. (2005). Classification of dysphonic voice: Acoustic and auditory-perceptual measures. *Journal of Voice*, 19(1), 1–14. <https://doi.org/10.1016/j.jvoice.2004.02.002>
- Epstein, R. (2011). Speech Studio Laryngograph. In Ma, E. , & Yiu, E.(1st ed.), *Handbook of Voice Assessment*: (pp. 165–174). San Diego: Plural Publishing.
- Felippe, A. C. N., Grillo, M. H. M. M., & Grechi, T. H. (2006). Standardization of acoustic measures for normal voice patterns. *Brazilian Journal of Otorhinolaryngology*, 72(5), 659–664.

[https://doi.org/10.1016/S1808-8694\(15\)31023-5](https://doi.org/10.1016/S1808-8694(15)31023-5)

Freitas, S. A. V. dos S. (2012). *Avaliação Acústica e Áudio Perceptiva na Caracterização da Voz Humana. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.*

Fritzell, B. (1992). Inverse Filtering. *Journal of Voice*, 6(2), 111–114.

Garaycochea, O., Alcalde, J., & Fernández, S. (2020). Aerodynamic Measures in Muscle Tension Dysphonia. *Journal of Voice*. <https://doi.org/10.1016/j.jvoice.2020.03.002>

Gauffin, J., Sundberg, J. (1980). Data on the glottal voice source behavior in vowel production. *STL-QPSR*, 21, 061–070.

Gelzinis, A, Verikas, A, Bacauskiene, M. (2008). Automated speech analysis applied to laryngeal disease categorization. *Comput Methods Programs Biomed*, 91, 36–47.

Gobl, C., & Mahshie, J. (2013). Inverse filtering of nasalized vowels using synthesized speech. *Journal of Voice*, 27(2), 155–169. <https://doi.org/10.1016/j.jvoice.2012.09.004>

Goy, H., Fernandes, D. N., Pichora-Fuller, M. K., & Van Lieshout, P. (2013). Normative voice data for younger and older adults. *Journal of Voice*, 27(5), 545–555. <https://doi.org/10.1016/j.jvoice.2013.03.002>

Guimarães, I. (2007). *ACiência e a arte da voz humana*. Alcoitão: Escola Superior de Saúde do Alcoitão.

Guimarães, I., & Abberton, E. (2005). Fundamental frequency in speakers of Portuguese for different voice samples. *Journal of Voice*, 19(4), 592–606. <https://doi.org/10.1016/j.jvoice.2004.11.004>

Hasanvand, A., Salehi, A., & Ebrahimipour, M. (2016). A Cepstral Analysis of Normal and Pathologic Voice Qualities in Iranian Adults: A Comparative Study. *Journal of Voice*, 31(4), 508.e17–508.e23. <https://doi.org/10.1016/j.jvoice.2016.10.017>

Heman-Ackah, Y. D., Michael, D. D., & Goding, G. S. (2002). The relationship between cepstral peak prominence and selected parameters of dysphonia. *Journal of Voice*, 16(1), 20–27. [https://doi.org/10.1016/S0892-1997\(02\)00067-X](https://doi.org/10.1016/S0892-1997(02)00067-X)

Herteghrd, S., Gauffin, J., & Lindestad, P. (1995). A Comparison of Subglottal and Intraoral Pressure Measurements during Phonation, 9(2), 149–155.

Hoffman, M. R., Scholp, A. J., Hedberg, C. D., Lamb, J. R., Braden, M. N., McMurray, J. S., & Jiang, J. J. (2018). Measurement Reliability of Phonation Threshold Pressure in Pediatric Subjects. *The Laryngoscope*. <https://doi.org/10.1002/lary.27418>

Horii, Y. (1980). Vocal Shimmer in Sustained Phonation. *Journal of Speech Language and Hearing*

Research, 23(1), 202–209. <https://doi.org/10.1044/jshr.2301.202>

- Kankare, E., Laukkanen, A., Ki, I. I. Ä., Miettinen, A., & Nen, T. P. Ä. (2012). Electroglottographic contact quotient in different phonation types using different amplitude threshold levels. *Logopedics Phoniatrics Vocology*, 37(3), 127–132. <https://doi.org/10.3109/14015439.2012.664656>
- Kojima, H., Gould, W. J., Lambiase, A., and Isshiki, N. (1980). Computer analysis of hoarseness. *Acta Otolaryngol.*, 89, 547–554.
- Krausert, C. R., Olszewski, A. E., Taylor, L. N., McMurray, J. S., Dailey, S. H., & Jiang, J. J. (2011). Mucosal wave measurement and visualization techniques. *Journal of Voice*, 25(4), 395–405. <https://doi.org/10.1016/j.jvoice.2010.02.001>
- Lovato, A., De Colle, W., Giacomelli, L., Piacente, A., Righetto, L., Marioni, G., & de Filippis, C. (2016). Multi-Dimensional Voice Program (MDVP) vs Praat for Assessing Euphonic Subjects: A Preliminary Study on the Gender-discriminating Power of Acoustic Analysis Software. *Journal of Voice*, 30(6), 765.e1–765.e5. <https://doi.org/10.1016/j.jvoice.2015.10.012>
- Manfredi, C., Giordano, A., Schoentgen, J., Fraj, S., Bocchi, L., & Dejonckere, P. H. (2012). Perturbation measurements in highly irregular voice signals: Performances/validity of analysis software tools. *Biomedical Signal Processing and Control*, 7(4), 409–416. <https://doi.org/10.1016/j.bspc.2011.06.004>
- Martens, J. W. M. A. F., Versnel, H., & Dejonckere, P. H. (2007). The effect of visible speech in the perceptual rating of pathological voices. *Archives of Otolaryngology - Head and Neck Surgery*, 133(2), 178–185. <https://doi.org/10.1001/archotol.133.2.178>
- Mehta, D. D., & Hillman, R. E. (2008). Voice assessment: Updates on perceptual, acoustic, aerodynamic, and endoscopic imaging methods. *Current Opinion in Otolaryngology and Head and Neck Surgery*, 16(3), 211–215. <https://doi.org/10.1097/M00.0b013e3282fe96ce>
- Nemr, K., Amar, A., Abrahão, M., Leite, G., Kohle, J., Santos, A., Correa, L. (2005). Análise Comparativa entre avaliação fonoaudiológica perceptivo-auditiva, análise acústica e laringoscopias indirectas para avaliação vocal em população com queixa vocal. *Revista Brasileira de Otorrinolaringologia*, 71.
- Oguz, H., Demirci, M., Safak, M. A., Arslan, N., Islam, A., & Kargin, S. (2007). Effects of unilateral vocal cord paralysis on objective voice measures obtained by Praat. *European Archives of Oto-Rhino-Laryngology*, 264(3), 257–261. <https://doi.org/10.1007/s00405-006-0179-7>
- Oliveira, C. R., Gama, A. C. C., & Magalhães, M. D. C. (2019). Fundamental Voice Frequency: Acoustic,

- Electroglottographic, and Accelerometer Measurement in Individuals With and Without Vocal Alteration. *Journal of Voice*. <https://doi.org/10.1016/j.jvoice.2019.08.004>
- Ortega, J., Cassinello, N., Dorcatto, D., et al. (2009). Computerized acoustic voice analysis and subjective scaled evaluation of the voice can avoid the need for laryngoscopy after thyroid surgery. *Surgery*, *145*, 265–271.
- Patel, R., Awan, S., Barkmeier-Kraemer, J., Courey, M., Deliyski, D., Eadie, T., Paul, D., Svec, J., Hillman, R. (2018). Recommended Protocols for Instrumental Assessment of Voice: American Speech-Language-Hearing Association Expert Panel to Develop a Protocol for Instrumental Assessment of Vocal Function. *American Journal of Speech-Language Pathology*, *27*(9), 887–905. <https://doi.org/10.1017/CB09781107415324.004>
- Peterson, K. L., Verdolini-Marston, K., Barkmeier, J. M., Hoffman, H. T. (1994). Comparison of aerodynamic and electroglottographic parameters in evaluating clinically relevant voicing patterns. *Ann Otol Rhinol Laryngol*, *103*, 335–346.
- Petrovic-Lazic, M., Jovanovic, N., Kulic, M., Babac, S., & Jurisic, V. (2015). Acoustic and perceptual characteristics of the voice in patients with vocal polyps after surgery and voice therapy. *Journal of Voice*, *29*(2), 241–246. <https://doi.org/10.1016/j.jvoice.2014.07.009>
- Phadke, K. V., Laukkanen, A. M., Ilomäki, I., Kankare, E., Geneid, A., & Švec, J. G. (2018). Cepstral and Perceptual Investigations in Female Teachers With Functionally Healthy Voice. *Journal of Voice*. <https://doi.org/10.1016/j.jvoice.2018.09.010>
- Pinho, S. M. R., Tsuji, D. H., & Bohadana, C. (2006). *Fundamentos em Laringologia e Voz*. Revinter.
- Rothenberg, M. (1977). Measurement of Airflow in Speech. *20* (1), 155–176.
- Salomão, G. L., Sundberg, J. (2008). Relation between perceived voice register and flow glottogram. *The Journal of the Acoustical Society of America*, *124*(1), 546–551. <https://doi.org/10.1121/1.2924146>
- Sapienza, C., Ruddy, B. H. (2013). *Voice Disorders* (2nd). San Diego: Plural Publishing.
- Sauder, C., Bretl, M., & Eadie, T. (2007). Predicting Voice Disorder Status From Smoothed Measures of Cepstral Peak Prominence Using Praat and Analysis of Dysphonia in Speech and Voice (ADSV). *Journal of Voice*, *31* (5), 557–566. <https://doi.org/10.1016/j.jvoice.2017.01.006>
- Smith, S. L., & Titze, I. R. (2018). Vocal fold contact patterns based on normal modes of vibration. *Journal of Biomechanics*, *73*, 177–184. <https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2018.04.011>

- Stathopoulos, E. T., & Sapienza, C. M. (1997). Developmental Changes in Laryngeal and Respiratory function with variations in Sound Pressure Level. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 40(3), 595–614.
- Stemple, J., Weinrich, B., Brehm, S. B. (2011). Aerodynamic Measurement of Vocal Function– Phonatory Aerodynamic System. In Ma, E., & Yiu, E. (1st ed.), *Handbook of Voice Assessment*: (pp. 7–20). San Diego: Plural Publishing.
- Sundberg, J., Titze, I., & Scherer, R. (1993). Phonatory control in male singing: A study of the effects of subglottal pressure, fundamental frequency, and mode of phonation on the voice source. *Journal of Voice*, 7(1), 15–29. [https://doi.org/10.1016/S0892-1997\(05\)80108-0](https://doi.org/10.1016/S0892-1997(05)80108-0)
- Sundberg, J. (2017). Flow Glottogram and Subglottal Pressure Relationship. *Journal of Voice*. <https://doi.org/10.1016/j.jvoice.2017.03.024>
- Sundberg, J., Lã, F. M. B., & Gill, B. P. (2016). Voice Source Variation Between Vowels in Male Opera Singers. *Journal of Voice*, 30(5), 509–517. <https://doi.org/10.1016/j.jvoice.2015.07.010>
- Teixeira, J. P., Oliveira, C., & Lopes, C. (2013). Vocal Acoustic Analysis – Jitter, Shimmer and HNR Parameters. *Procedia Technology*, 9, 1112–1122. <https://doi.org/10.1016/j.protcy.2013.12.124>
- Titze, I. R., Jiang, J. J., & Hsiao, T. (1993). Measurement of mucosal wave propagation and Propagation and Vertical Phase Difference in Vocal Fold Vibration. *Annals of Otology, Rhinology & Laryngology*, 102(1), 58–63. <https://doi.org/10.1177/000348949310200111>
- Vasilakis, M., & Stylianou, Y. (2009). Spectral jitter modeling and estimation. *Biomedical Signal Processing and Control*, 4(3), 183–193. <https://doi.org/10.1016/j.bspc.2009.02.001>
- Vaz Freitas, S., Melo Pestana, P., Almeida, V., & Ferreira, A. (2015). Integrating voice evaluation: Correlation between acoustic and audio–perceptual measures. *Journal of Voice*, 29(3), 390.e1–390.e7. <https://doi.org/10.1016/j.jvoice.2014.08.007>
- Verdolini, K., Druker, G., Palmer, P. M., & Samawi, H. (1998). Laryngeal Adduction in Resonant Voice. *Journal of Voice*, 12(3), 315–327.
- Williams, W. N., Brown, Jr., Payne, A., Turner, G., Wharton, P. (2001). Intraoral Air Pressure Discrimination under Conditions of Partial and Complete Resistance. *Folia Phoniatrica et Logopaedica*, 53(2), 99–109.
- Wuyts, F. L., De Bodt, M. S., Molenbeghs, G., Remacle, M., Heylen, L., Millet, B., Lierde, K. V., Raes, J., Heyning, P. H. V. (2000). The Dysphonia Severity Index: An Objective Measure of Vocal Quality Based on a Multiparameter Approach. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 43(1),

796–809. <https://doi.org/10.1159/000096548>

Yumoto, E., Sasaki, Y., & Okamura, H. (1984). Harmonics-to-noise ratio and psychophysical measurement of the degree of hoarseness. *Journal of Speech and Hearing Research*, *27*(1), 2–6. <https://doi.org/10.1044/jshr.2701.02>

Yumoto, E., Gould, J., Street, E., York, N., & York, N. (1982). Harmonics-to-noise ratio as an index of the degree of hoarseness. *J. Acoust. Soc. Am.*, *71*(6), 1544–1550.

Zeitels, S. M., Blitzer, A. H. R. (2007). Foresight in laryngology and laryngeal surgery: a 2020 vision. *Ann Otol Rhinol Laryngol Suppl*, *198*, 2–16.

9.3. Apêndice 3:

Análise perceptivo-auditiva

A avaliação perceptiva da voz é o método tradicional de avaliação da qualidade vocal (Behlau et al., 2001). É considerada a *“gold standard”* para documentar a gravidade das alterações vocais dado que a qualidade da voz é, essencialmente, um fenómeno perceptivo (Patel & Shrivastav, 2007; Yamasaki et al., 2017). A importância das medidas perceptivas é mencionada por Gerratt et al. (1993) dado o seu uso frequente como padrão de comparação com as medidas acústicas, o que contribui para a validação destas últimas.

Segundo Gerratt et al. (1993), é fácil obter este tipo de informação no entanto, tendo em conta o seu carácter subjetivo, é importante salientar a baixa sensibilidade, fiabilidade e concordância entre avaliadores individuais. Para além destes aspetos, este método de avaliação depende ainda do tipo de escala de avaliação, da tarefa utilizada e do tipo de estímulo que é apresentado (Patel & Shrivastav, 2007). De acordo com Yamasaki et al. (2017) o controlo destes fatores possibilita diminuir a subjetividade e aumentar a validade interna da avaliação.

Na literatura são mencionadas diversas escalas que permitem a quantificação da qualidade vocal de um indivíduo. O objetivo principal destas escalas é a análise da fonte glótica e o filtro do sinal. Na análise da fonte considera-se as alterações da vibração da mucosa das PV. As escalas que analisam o filtro consideram a passagem dos harmónicos produzidos pela fonte glótica através do trato vocal e os efeitos da articulação e ressonância (Pinho & Pontes, 2002). As escalas GRBAS e RASAT são exemplos de escalas que permitem avaliar a fonte glótica. De acordo com Pinho e Pontes (2002), a GRBAS é um instrumento de rápida aplicação, eficaz na identificação perceptivo-auditiva de perturbações vocais relacionadas com a irregularidade vibratória das PV. Engloba os parâmetros grau de disфонia (G), grau de irregularidade da voz (R), soprosidade (S), astenia (A) e tensão (T) e varia em 4 níveis de gravidade: (0) ausente, (1) leve, (2) moderado e (3) intenso. De acordo com Hirano (1981), serão apresentadas na tabela 26 as definições dos parâmetros da GRBAS:

Tabela 26. Definição dos parâmetros áudio-perceptivos da escala GRBAS

Parâmetro	Definição
Grau	Grau de alteração global da voz
Rouquidão	Sensação psicoacústica da irregularidade da vibração das PV
Soprosidade	Sensação psicoacústica de escape de ar através da glote
Astenia	Fraqueza ou falta de projeção vocal
Tensão	Sensação psicoacústica de fonação hiperfuncional

As tarefas vocais utilizadas na aplicação desta escala são a vogal sustentada [a] por ser mais aberta, a vogal sustentada [i] por ser utilizada no exame laringoscópico e a amostra de fala encadeada.

O CAPE-V é uma escala que permite, não só a avaliação da fonte como também do filtro. É uma ferramenta de avaliação perceptivo-auditiva da voz desenvolvida pela *American Language-Hearing Association* em 2002 com o objetivo de criar diretrizes padronizadas para a avaliação perceptivo-auditiva,

facilitar a documentação desta avaliação e também o processo de comunicação entre profissionais (Kempster et al., 2009). Foi revista em 2009 por Kempster et al. e traduzida e validada para o PE por Almeida et al. (2018). Através do CAPE-V é possível caracterizar a qualidade vocal de acordo com os seguintes parâmetros vocais: grau de severidade global, rouquidão, sopro, tensão, altura tonal, intensidade e ressonância. Cada parâmetro é avaliado de acordo com uma escala visual analógica constituída por uma linha de 100mm. Abaixo da linha, e da esquerda para a direita respetivamente estão os indicadores qualitativos: desvio ligeiro (DL), desvio moderado (DM) e desvio severo (DS). Para além disto, é possível classificar cada parâmetro como consistente ou inconsistente em diferentes tarefas vocais. Caso o avaliador ache pertinente, existe um espaço – fatores adicionais – para que consiga referir considerações que não são abrangidas originalmente pela escala. A recolha de dados através do CAPE-V envolve 3 tarefas fonatórias: a) a emissão das vogais sustentadas [a] e [i], b) a leitura de seis frases com diferentes contextos fonéticos e c) a produção de discurso espontâneo (Almeida et al., 2018).

1. Referências bibliográficas

- Almeida, S. C., Mendes, A. P., & Kempster, G. B. (2018). The Consensus Auditory-Perceptual Evaluation of Voice (CAPE-V) Psychometric Characteristics: II European Portuguese Version (II EP CAPE-V). *Journal of Voice*, 33(4), 582.e5-582.e13. <https://doi.org/10.1016/j.jvoice.2018.02.013>
- Behlau, M., Madazio, R., Feijó, D., Pontes, P. (2001). Avaliação da Voz. In *Voz: o livro do especialista* (pp. 85-180). Rio de Janeiro: Revinter.
- Gerratt, B. R., Kreiman, J., Antonanzas-Barroso, N., & Berke, G. S. (1993). Comparing internal and external standards in voice quality judgments. *Journal of Speech and Hearing Research*, 36(1), 14-20. <https://doi.org/10.1044/jshr.3601.14>
- Hirano, M. (1981). *Clinical Examination of Voice: Disorders of Human Communication*. New York: Springer.
- Kempster, G. B., Gerratt, B. R., Abbott, K. V., Barkmeier-Kraemer, J., & Hillman, R. E. (2009). Consensus auditory-perceptual evaluation of voice: Development of a standardized clinical protocol. *American Journal of Speech-Language Pathology*, 18(2), 124-132. [https://doi.org/10.1044/1058-0360\(2008/08-0017\)](https://doi.org/10.1044/1058-0360(2008/08-0017))
- Patel, S., & Shrivastav, R. (2007). Perception of Dysphonic Vocal Quality: Some Thoughts and Research Update. *Perspectives on Voice and Voice Disorders*, 17(2), 3-7. <https://doi.org/10.1044/vvd17.2.3>
- Pinho, S., & Pontes, P. (2002). Escala de Avaliação Perceptiva da Fonte Glótica: RASAT, 1-4.
- Yamasaki, R., Madazio, G., Leão, S. H. S., Padovani, M., Azevedo, R., & Behlau, M. (2017). Auditory-perceptual Evaluation of Normal and Dysphonic Voices Using the Voice Deviation Scale. *Journal of Voice*, 31(1), 67-71. <https://doi.org/10.1016/j.jvoice.2016.01.004>

9.4. Apêndice 4: Ficha de caracterização

FICHA DE CARACTERIZAÇÃO

CÓDIGO _____

A – Dados extraídos do processo clínico

Sexo __ Idade ___

Diagnóstico clínico _____

B – Dados obtidos no contacto prévio (telefone/presencial)

Língua materna Português Europeu: Sim___ Não___

Literacia _____

Alt. acuidade auditiva: Sim___ Não___

Alt. acuidade visual: Sim___ Não___

C – Dados a observar no momento da avaliação vocal

Alterações da fala (pert. motoras da fala, da fluência, da articulação ou outras): Sim___ Não___

9.5. Apêndice 5: Protocolo de gravação da voz

Protocolo de gravação da voz

1. Índice s/z (Behlau, 2001):
 - a. Produção prolongada de fricativa não vozeada /s/, 3 vezes
 - b. Produção prolongada de fricativa vozeada /z/, 3 vezes
2. Produção de vogal sustentada [a] (Almeida, 2016)
 - a. tempo máximo de emissão, 3 vezes
 - b. mínimo 4 segundos
3. Produção de vogal [a] na mínima intensidade possível (excluindo sussurro)
4. Produção de Glissandos – vogal [a]– (Patel et al., 2018)
 - a. Glissando ascendente
 - b. Glissando descendente
5. Leitura de Frases – CAPE-V EP 2ª versão (Almeida, 2018)
6. Leitura do texto "O Sol" (Ana Paula Mendes et al., 2012) em três intensidades subjetivas diferentes: média, forte e fraca
7. Discurso espontâneo (mínimo 20 seg.): "Fale-me do sítio onde cresceu"
8. Canto da música "Parabéns a você"

9.6. Apêndice 6: Página web

Teste de percepção auditiva

Um conjunto de 35 vogais [a] produzidas de forma prolongada por diferentes indivíduos será sujeito à sua avaliação áudio-perceptiva. A análise das cinco primeiras amostras tem como objetivo permitir a familiarização com a escala. A escala a utilizar é uma adaptação do *Consensus Auditory-Perceptual Evaluation of Voice* (CAPE-V).

Indicações: Em primeiro lugar deverá escutar a amostra vocal clicando sobre o botão "play" (▶).

Após a escuta deverá considerar os seguintes parâmetros da qualidade vocal: **grau de severidade global, rouquidão, sopro e tensão**. Para cada parâmetro existe uma linha que representa uma escala visual analógica. Ao limite à esquerda corresponde ausência de desvio (alteração) e à direita refere-se ao máximo de desvio.

Sob a linha estão indicadores qualitativos: DL - desvio ligeiro, DM - desvio moderado, DS - desvio severo. Deverá indicar o grau de alteração percebido para cada um dos parâmetros vocais deslizando o cursor ao longo da linha.

No final, poderá indicar outros parâmetros que julgue serem relevantes na avaliação da amostra de voz no campo "Fatores adicionais".

O teste encontra-se dividido em 7 páginas. No fundo de cada página, poderá encontrar três botões diferentes.

Para navegar entre páginas deverá utilizar os botões "Página anterior" e "Página seguinte".

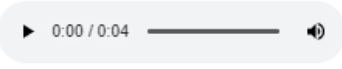
O botão "Guardar" permite submeter os dados introduzidos numa página, relativos a um conjunto de 5 vozes. Poderá responder, alterar e submeter mais do que uma vez. Tenha em conta que uma nova submissão de dados de uma página irá substituir a submissão anterior.


Atenção: Se tiver introduzido novos dados numa página e navegar para outra sem ter carregado previamente no botão "Guardar", os novos dados serão perdidos.


Sigla	Legenda
DL	desvio ligeiro
DM	desvio moderado
DS	desvio severo


(Página 1/7)


Voz 1



Grau de severidade global 

Rouquidão 

Soprosidade 

Tensão 

Fatores adicionais

(por ex: diplofonia, aspereza, falso, astenia, afonia, bitonalidade, tremor, estridência, "glottal fry", outros aspetos relevantes)