



Universidade de
Aveiro
Ano 2012

Departamento de Comunicação e Arte

**SARA LUÍSA
DUARTE E
CLÁUDIO**

**MODELO TRIDIMENSIONAL PARA
ATRIBUIÇÃO DE SUBCLASSES VOCAIS A
SOPRANOS**



**Universidade
de Aveiro
Ano 2012**

Departamento de Comunicação e Arte

**SARA LUÍSA
DUARTE E
CLÁUDIO**

**MODELO TRIDIMENSIONAL PARA
ATRIBUIÇÃO DE SUBCLASSES
VOCALIS A SOPRANOS**

Dissertação apresentada à Universidade de Aveiro para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Música, realizada sob a orientação científica da Doutora Filipa Martins Baptista Lã, Professora Auxiliar Convidada do Departamento de Comunicação e Arte da Universidade de Aveiro.

Dedicatória

Dedico este trabalho
à minha Mãe, que canta a olhar para mim,
ao meu Pai, que canta para me fazer rir,
à minha Irmã, que canta comigo,
ao meu Namorado, que se assusta quando lhe peço
para cantar,
à Filipa, pelo resto.

O júri

Presidente

**Professor Doutor Jorge Manuel de Mansilha
Castro Ribeiro**
Professor Auxiliar do Departamento de Comunicação e Arte
da Universidade de Aveiro

Vogais

**Professor Doutor António Joaquim da Silva
Teixeira**
Professor Auxiliar do Departamento de Electrónica,
Telecomunicações e Informática da Universidade de Aveiro

Professora Doutora Filipa Martins Baptista Lã
Professora Auxiliar Convidada do Departamento de
Comunicação e Arte da Universidade de Aveiro

Agradecimentos

Agradeço, antes de mais, à Prof^a. Doutora Filipa Lã pela sabedoria, a dedicação, a paciência, o tempo e a inspiração. Além de me ter mostrado do que sou capaz.

Ao Professor Sundberg pela grande e alta figura inspiradora que é.

Às cantoras que participaram e tornaram possível este estudo. A certa altura já eram as Minhas Sopranos.

Aos Professores e Cantores que disponibilizaram o seu tempo para o teste de perceção acústica.

Ao Professor João Queirós por me ter recebido num ápice para gravar a parte de piano da ária.

Ao Sérgio e o seu deslumbrante gráfico tridimensional.

A todas as pessoas que tiveram paciência para me ouvir a discorrer sobre a tese e observaram o meu fascínio pela Ciência Vocal.

À Mutti, ao Papá, à Carol, ao Pedro e aos restantes Amigos.

Publicações resultantes do trabalho apresentado nesta Dissertação de Mestrado:

1. Comunicação oral na Conferência II Encontro Nacional de Investigação em Música, Cine-Teatro Avenida, Castelo Branco, a 18 de Novembro de 2012.

Palavras – chave

Classificação vocal; Fächer; Sopranos; Avaliação perceptual auditiva; Teste auditivo; Intensidade sonora equivalente; Limiar mínimo de pressão de fonação.

Resumo

A classificação vocal é um fator de primordial importância na formação e progressão de carreira de um cantor clássico. Apesar disto, os professores de canto nem sempre estão de acordo com as classificações atribuídas, dada a controvérsia que envolve os sistemas de classificação vigentes, baseados principalmente em parâmetros subjetivos. Os poucos trabalhos de ciência vocal que têm tentado procurar medidas objetivas de classificação vocal também ainda não respondem a todas as questões, nomeadamente as relacionadas com os fatores distintivos de vozes dentro de um mesmo naipe (ou categoria vocal), responsáveis pela atribuição de repertório. Com este trabalho pretende-se criar um modelo de atribuição de subclasses vocais baseado em parâmetros acústicos, fisiológicos e aerodinâmicos, que se correlacionem e que prevejam os resultados da avaliação perceptual auditiva, normalmente utilizada numa classificação vocal. Para tal, procedeu-se à gravação multicanal de onze sopranos, durante a performance de uma ária de ópera e de um diminuendo repetindo a sílaba /pae/ em diferentes notas. As gravações simultâneas de áudio, electrolaringografia, pressão intraoral e fluxo de ar permitiram a avaliação de parâmetros acústicos, fisiológicos e aerodinâmicos. O sinal áudio permitiu ainda a realização de um teste perceptual auditivo, realizado por 19 avaliadores que tinham que classificar, ao longo de uma escala visual analógica, a voz das participantes entre os extremos “*soprano ligeiro*” e “*soprano dramático*”. Da triangulação dos dados acústicos, fisiológicos e aerodinâmicos verificou-se que o modelo que melhor representaria os resultados da avaliação perceptual é aquele que inclui os parâmetros de intensidade sonora equivalente e limiar mínimo de pressão de fonação para a nota Si₄. Aplicando este modelo, a correlação entre os resultados do teste perceptual auditivo e da aplicação deste modelo é de 0.87. Os resultados apoiam a ideia de que a nota Si₄ parece particularmente importante na distinção entre diferentes categorias de soprano, uma sugestão que requer investigação futura.

Keywords

Voice classification; Fächer; Sopranos; Perceptual Evaluation; Listening test; Equivalent sound level; Phonation threshold pressure.

Abstract

Classifying a voice is a matter of great importance to classical singing: it defines a singer's repertoire and career. However, voice classification is sometimes controversial and different systems exist. Voice science has attempted to unveil the underlying complexity, testing various explanations. Acoustical, morphological and physiological differences have been found between different voice categories; however, within the same voice category, the understanding of the factors crucial to Fach differentiation is still far from complete.

Eleven sopranos were recorded using a hybrid system for audio, electrolaryngograph, intra-oral pressure and air flow. Singers were asked to: (i) perform the aria "O mio babbino caro", by G. Puccini, (ii) sing a diminuendo while repeating the syllable /pae/ at different pitches. Acoustical, physiological and aerodynamic aspects of voice production were measured. Excerpts of the aria were presented to a panel of 19 expert listeners, who rated the voices along a visual analogue scale, with the extremes soubrette and dramatic soprano. The relationship between the ratings and the voice data were analysed using multiple regression analysis. The model that best predicted the perceptual ratings included equivalent sound level and phonation threshold pressure for the note B4. Using that model to predict the ratings yielded a correlation of 0.87. The results support the assumption that B4 is a particularly important pitch in the classification of soprano voices, an assumption that merits further investigation.

ÍNDICE DE CONTEÚDOS

1.	INTRODUÇÃO	3
1.1.	TEMÁTICA DE INVESTIGAÇÃO	3
1.2.	MOTIVAÇÃO	4
1.3.	OBJETIVOS	7
1.4.	QUESTÕES DE INVESTIGAÇÃO	8
1.5.	ESTRUTURAÇÃO DA TESE	8
2.	TIPOLOGIAS VOCAIS	11
2.1.	INTRODUÇÃO	11
2.2.	SISTEMAS DE SUBCLASSIFICAÇÕES VOCAIS CORRENTES	11
2.2.1.	<i>Fächer franceses</i>	12
2.2.2.	<i>Fächer norte-americanos</i>	13
2.2.3.	<i>Fächer ingleses</i>	15
2.2.4.	<i>Fächer alemães</i>	16
2.3.	CONCLUSÃO	18
3.	ESTUDOS CIENTÍFICOS PRÉVIOS	21
3.1.	INTRODUÇÃO	21
3.2.	PARÂMETROS OBJETIVOS DE SUBCLASSIFICAÇÃO VOCAL	23
3.3.	CONCLUSÃO	30
4.	MÉTODOS	35
4.1.	INTRODUÇÃO	35
4.2.	DESENHO DO ESTUDO	35
4.3.	PARTICIPANTES E RECRUTAMENTO	36
4.4.	MATERIAIS	37
4.5.	PROCEDIMENTOS	40
4.5.1.	<i>Criação da base de dados</i>	40
4.5.2.	<i>Calibração</i>	41
4.5.3.	<i>Medição da distância do microfone</i>	41

4.5.4.	<i>Tarefas vocais e respetivos parâmetros</i>	42
4.5.5.	<i>Teste percetual auditivo</i>	44
4.5.6.	<i>Parâmetros acústicos, fisiológicos e aerodinâmicos</i>	45
4.6.	ANÁLISE DOS DADOS	50
5.	RESULTADOS	55
5.1.	INTRODUÇÃO	55
5.2.	DESCRIÇÃO DA AMOSTRA	55
5.3.	TESTE DE AVALIAÇÃO PERCETUAL AUDITIVA	58
5.4.	PARÂMETROS ACÚSTICOS	59
5.5.	PARÂMETROS FISIOLÓGICOS E AERODINÂMICOS	61
5.6.	RESULTADOS DA TRIANGULAÇÃO DOS DADOS RELATIVOS AOS PARÂMETROS PERCETUAIS COM OS FISIOLÓGICOS, OS AERODINÂMICOS E OS ACÚSTICOS	65
6.	DISCUSSÃO	71
7.	CONCLUSÕES	79
7.1.	APRESENTAÇÃO DO MODELO	79
7.2.	IMPLICAÇÕES PARA O FUTURO	80
7.3.	CONSIDERAÇÕES FINAIS	81
8.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	85
	APÊNDICES	89
	QUESTIONÁRIO PARA CARACTERIZAÇÃO DA AMOSTRA DE CANTORAS	91
	QUESTIONÁRIO DO TESTE DE PERCEÇÃO AUDITIVA	93
	TESTE DE PERCEÇÃO AUDITIVA	97

ÍNDICE DE TABELAS

TABELA 1. SISTEMA DE SUBCLASSIFICAÇÃO DE SOPRANOS, BASEADA NAS CARACTERÍSTICAS TÍMBRICAS E DE EXTENSÃO VOCAL DA REGIÃO VOCAL MAIS AGUDA DE UM SOPRANO (BLIVET, 1999).	12
TABELA 2. SISTEMA DE SUBCLASSIFICAÇÃO VOCAL BASEADO EM CARACTERÍSTICAS TÍMBRICAS, INTENSIDADE E FLEXIBILIDADE VOCAIS, APARÊNCIA E CAPACIDADE REPRESENTATIVA (MILLER, 2000).	14
TABELA 3. SISTEMA DE SUBCLASSIFICAÇÃO VOCAL BASEADO NA IDADE, CARACTERÍSTICAS TÍMBRICAS E CAPACIDADES REPRESENTATIVAS (MCGINNIS, 2010).	15
TABELA 4. SISTEMA DE SUBCLASSIFICAÇÃO VOCAL BASEADO NAS PERSONAGENS DO REPERTÓRIO OPERÁTICO, COMUNICAÇÃO, ASPETOS DE TÉCNICA VOCAL E TIMBRES VOCAIS (LEGGE, 2001).	16
TABELA 5. SISTEMA DE SUBCLASSIFICAÇÃO VOCAL BASEADO NA DISTRIBUIÇÃO EM DOIS TIPOS: SÉRIOS E CÓMICOS DE CARÁTER (KLOIBER ET AL., 2002).	17
TABELA 6. RESUMO DOS ESTUDOS CIENTÍFICOS APRESENTADOS NA REVISÃO CRÍTICA DESTE TRABALHO.	22
TABELA 7. REPRESENTAÇÃO ESQUEMÁTICA DO DESENHO DE ESTUDO UTILIZADO PARA ESTE PROJETO DE INVESTIGAÇÃO.	36
TABELA 8. TAREFAS VOCAIS E RESPECTIVOS PARÂMETROS DE FUNÇÃO VOCAL E DE AVALIAÇÃO VOCAL PERCETUAL MEDIDOS A PARTIR DE CADA UMA DAS TAREFAS. A ÁRIA DE ÓPERA REFERIDA É “O MIO BABBINO CARO”, DA ÓPERA GIANNI SCHICCHI, DE G. PUCCINI.	43
TABELA 9. REPRESENTAÇÃO ESQUEMÁTICA DA ORGANIZAÇÃO DAS SESSÕES DE GRAVAÇÃO.	44
TABELA 10. INFORMAÇÃO SOBRE CARACTERÍSTICAS VOCAIS INDIVIDUAIS: (I) SUBCLASSE; (II) CARACTERÍSTICAS DO REPERTÓRIO QUE OFERECE MAIORES DIFICULDADES; E (III) CARACTERÍSTICAS DE REPERTÓRIO QUE OFERECE MENORES DIFICULDADES.	56
TABELA 11. RESPOSTAS AO QUESTIONÁRIO DE PERFIL DOS AVALIADORES DO TESTE DE PERCEÇÃO AUDITIVA.	57
TABELA 12. RESULTADOS DOS TESTES DE AVALIAÇÃO PERCETUAL AUDITIVA PARA CADA AVALIADOR. A CINZENTO ENCONTRAM-SE REPRESENTADOS OS AVALIADORES QUE FORAM EXCLUÍDOS DO TESTE PERCETUAL AUDITIVO POR APRESENTAREM UM VALOR DE CORRELAÇÃO BAIXO.	58
TABELA 13. PARÂMETROS ACÚSTICOS EM FUNÇÃO DA AVALIAÇÃO PERCETUAL ATRIBUÍDA A CADA SOPRANO PARTICIPANTE.	60
TABELA 14. SUMÁRIO DOS RESULTADOS REFERENTES AOS PARÂMETROS ACÚSTICOS EM FUNÇÃO DOS RESULTADOS DOS TESTES PERCETUAIS, RESULTANTES DA ANÁLISE DA ÁRIA DE ÓPERA. OS DADOS SÃO APRESENTADOS JÁ NORMALIZADOS PARA CADA SOPRANO PARTICIPANTE.	60
TABELA 15. SUMÁRIO DOS RESULTADOS REFERENTES AOS PARÂMETROS FISIOLÓGICOS, PTP E CTP, PARA CADA NOTA CANTADA EM DIMINUENDO NA SÍLABA /PA/.	62
TABELA 16. SUMÁRIO DOS RESULTADOS DA AVALIAÇÃO DOS PARÂMETROS FISIOLÓGICOS – PTP E CTP, APÓS NORMALIZAÇÃO DOS DADOS.	62
TABELA 17. SUMÁRIO DOS VALORES DE RESISTÊNCIA OBTIDOS PARA CADA NOTA ANALISADA NA EXTENSÃO VOCAL DE CADA SOPRANO.	64

TABELA 18. SUMÁRIO DOS RESULTADOS REFERENTES AOS PARÂMETROS FISIOLÓGICOS DE RESISTÊNCIA GLÓTICA OBTIDOS ATRAVÉS DAS REPETIÇÕES EM DIMINUENDO DA SILABA /PA/ E DOS RESULTADOS DOS TESTES PERCETUAIS AUDITIVOS DA ÁRIA DE ÓPERA. OS DADOS SÃO APRESENTADOS JÁ NORMALIZADOS.	64
TABELA 19. SUMÁRIO DOS RESULTADOS RELATIVOS AOS MODELOS OBTIDOS POR ANÁLISE DE REGRESSÃO MULTIVARIADA <i>STEPWISE</i>	66
TABELA 20. SUMÁRIO DOS COEFICIENTES DOS MODELOS OBTIDOS POR ANÁLISE DE REGRESSÃO MULTIVARIADA <i>STEPWISE</i> .	67
TABELA 21. RESULTADOS DA APLICAÇÃO DO MODELO 2 NA PREVISÃO DE UMA SUBCLASSIFICAÇÃO VOCAL AUDITIVA RESULTANTE DA AVALIAÇÃO A PARTIR DA APLICAÇÃO DE VARIÁVEIS ACÚSTICAS, FISIOLÓGICAS E AERODINÂMICAS.	67

ÍNDICE DE FIGURAS

- FIGURA 1.** REPRESENTAÇÃO DA EXTENSÃO VOCAL HABITUAL PARA A CATEGORIA VOCAL DE SOPRANO. A BOLA VERDE APONTA O DÓ4 (APROXIMADAMENTE 262 Hz); A RISCA AMARELA INDICA A REGIÃO GRAVE; A RISCA AZUL INDICA A REGIÃO MÉDIA; A RISCA VERMELHA INDICA A REGIÃO MÉDIA-AGUDA; A RISCA ROXA INDICA A REGIÃO AGUDA; E A RISCA CASTANHA INDICA A REGIÃO SOBREAGUDA DA EXTENSÃO VOCAL. DIFERENTES SUBCLASSES DE SOPRANOS APRESENTARAM TESSITURAS DIFERENTES, I.E. REGIÕES DENTRO DESTA EXTENSÃO EM QUE LHES É MAIS CONFORTÁVEL E FÁCIL CANTAR. 13
- FIGURA 2.** REPRESENTAÇÃO ESQUEMÁTICA DA TEORIA DE FONTE-FILTRO DE PRODUÇÃO VOCAL. O SOM PRIMÁRIO, OU FLUXO DE AR TRANSGLÓTICO, POSSUI UM ESPECTRO CUJOS PARCIAIS HARMÓNICOS DIMINUEM DE INTENSIDADE À MEDIDA QUE SE AFASTAM DA F0. ESTE SOM PRIMÁRIO É MODIFICADO DE ACORDO COM AS RESSONÂNCIAS DO TRATO VOCAL, QUE EXERCEM UM EFEITO DE FILTRO, REDUZINDO ALGUNS DOS PARCIAIS HARMÓNICOS E SALIENTANDO OUTROS, DE FORMA QUE O ESPECTRO DO SOM IRRADIADO POSSUI PARCIAIS HARMÓNICOS MAIS INTENSOS QUE OUTROS, INDEPENDENTEMENTE DAS SUAS FREQUÊNCIAS (ADAPTADO DE LÃ, 2012, APRESENTAÇÃO PESSOAL – UNIDADE CURRICULAR DE PEDAGOGIA ESPECÍFICA DO INSTRUMENTO/CANTO, UNIVERSIDADE DE AVEIRO). 38
- FIGURA 3.** REPRESENTAÇÃO ESQUEMÁTICA DA RESPOSTA RELATIVAMENTE PLANA DO MICROFONE CONDENSADOR OMNIDIRECIONAL KNOWLES EK3132 NUM INTERVALO DE FREQUÊNCIAS ENTRE 100 A 10000 Hz (CURVA A CINZENTO). ESTE TIPO DE RESPOSTA É IMPORTANTE POIS PERMITE A CAPTAÇÃO DE ELEVADAS INTENSIDADES EM FREQUÊNCIAS MAIS AGUDAS SEM CAUSAR DISTORÇÃO SONORA (SVEC E GRANQVIST, 2010). 39
- FIGURA 4.** (1) MICROPROCESSADOR DIGITAL LARINGOGRÁFICO, (2) INTERFACE DE UM COMPUTADOR MS-110, (3) PC COM SOFTWARE SPEECH STUDIO, (4) DISPOSITIVO DE CALIBRAÇÃO DE PRESSÃO, (5) MÁSCARA DE FLUXO DE ROTHENBERG E (6) SISTEMA DE VENTONHA PARA CALIBRAÇÃO (IMAGEM ARQUIVADA DURANTE A RECOLHA DE DADOS). 40
- FIGURA 5.** DISPLAY APRESENTADO PELO SOFTWARE DE GRAVAÇÃO SPEECHSTUDIO (LARYNGOGRAPH,, LTD.) DA GRAVAÇÃO EM QUATRO CANAIS DURANTE A PERFORMANCE DE UM DIMINUENDO, CANTADO NA MESMA FREQUÊNCIA, UTILIZANDO A SÍLABA /PA/. (1) SINAL ÁUDIO; (2) SINAL ELETROLARINGOGRÁFICO; (3) PRESSÃO INTRAORAL; E (4) FLUXO DE AR TRANSGLÓTICO. 40
- FIGURA 6.** SESSÃO DE GRAVAÇÃO (IMAGEM ARQUIVADA DURANTE A RECOLHA DE DADOS). 43
- FIGURA 7.** ESCALA ANÁLOGA VISUAL RESPEITANTE AO PRIMEIRO EXCERTO. 45
- FIGURA 8.** REPRESENTAÇÃO ESQUEMÁTICA DO CÁLCULO DE P_{SUB}, UTILIZANDO PARA TAL UMA ESTIMATIVA DA PRESSÃO INTRAORAL (CORRESPONDENTE A CADA PICO) DURANTE A REPETIÇÃO DE UM DIMINUENDO CANTADO NA MESMA NOTA USANDO A SILABA /PA/. 48
- FIGURA 9.** REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DOS RESULTADOS MÉDIOS OBTIDOS NOS TESTES DE AVALIAÇÃO PERCETUAL PARA CADA SOPRANO. 59
- FIGURA 10.** REPRESENTAÇÃO DE LTAS PARA CADA PARTICIPANTE DO ESTUDO E RESPECTIVA CLASSIFICAÇÃO DE VAS. 59

FIGURA 11. COMPARAÇÃO DO COMPORTAMENTO DOS RESULTADOS DA CLASSIFICAÇÃO VOCAL ATRIBUÍDA ATRAVÉS DA AVALIAÇÃO PERCETUAL AUDITIVA COM O COMPORTAMENTO DOS RESULTADOS DA AVALIAÇÃO DE PARÂMETROS ACÚSTICOS.	61
FIGURA 12. REPRESENTAÇÃO ESQUEMÁTICA DOS VALORES DE PTP (PAINEL SUPERIOR) E CTP (PAINEL INFERIOR) PARA CADA PARTICIPANTE EM FUNÇÃO DAS DIFERENTES FREQUÊNCIAS CANTADAS. NA LEGENDA ESTÁ INDICADO O VALOR DA AVALIAÇÃO PERCETUAL QUE FOI ATRIBUÍDA A CADA SOPRANO.	63
FIGURA 13. REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DOS VALORES DE RESISTÊNCIA GLÓTICA PARA CADA SOPRANO PARTICIPANTE NO ESTUDO EM FUNÇÃO DAS NOTAS MIB4, FÁ4, SOL4, LÁB4, SIB4, DÓ5 E RÉB5. NA LEGENDA ESTÁ IDENTIFICADO O VALOR DA AVALIAÇÃO PERCETUAL QUE FOI ATRIBUÍDO A CADA SOPRANO.	65
FIGURA 14. REPRESENTAÇÃO ESQUEMÁTICA DA DISTRIBUIÇÃO LINEAR DOS DADOS DE AVALIAÇÃO PERCETUAL AUDITIVA E DA DISTRIBUIÇÃO LINEAR DOS PARÂMETROS ACÚSTICOS E FISIOLÓGICOS QUE SURTIRAM NO MODELO QUE MELHOR PREVISÃO FAZ DA CLASSIFICAÇÃO VOCAL ATRIBUÍDA A PARTIR DA CLASSIFICAÇÃO PERCETUAL AUDITIVA.	66
FIGURA 15. REPRESENTAÇÃO ESQUEMÁTICA DA CORRELAÇÃO EXISTENTE ENTRE A MÉDIA DE VAS OBSERVADA E A MÉDIA DE VAS PREVISTA PELO MODELO ESTATÍSTICO.	68
FIGURA 16. REPRESENTAÇÃO ESQUEMÁTICA DA LOCALIZAÇÃO DE CADA SOPRANO NO MODELO QUE MELHOR PREDIZ OS RESULTADOS DA CLASSIFICAÇÃO PERCETUAL AUDITIVA DOS SOPRANOS. O EIXO DOS XX REPRESENTA A MÉDIA DE VALORES ATRIBUÍDOS PELA AVALIAÇÃO PERCETUAL [%VAS]; O EIXO DOS YY REPRESENTA OS VALORES DE LEQ [DB] E O EIXO DOS ZZ OS VALORES DE PTP PARA A NOTA SI4 [CMH20].	80
FIGURA 17. PARÂMETROS DE AVALIAÇÃO PROPOSTOS PARA UMA AVALIAÇÃO VOCAL MAIS FIDELIDADE ENTRE DIFERENTES SUBCLASSES VOCALIS.	82

LISTA DE ABREVIATURAS

CTP. LIMAR MÍNIMO DE PRESSÃO DE COLISÃO (TRADUÇÃO DE COLLISION THRESHOLD PRESSURE)

ELG. SINAL ELETROLARINGOGRÁFICO

F0. FREQUÊNCIA FUNDAMENTAL

(H1-H2)_{LTAS}. PREDOMINÂNCIA DA FREQUÊNCIA FUNDAMENTAL RELATIVAMENTE AO SEGUNDO PARCIAL HARMÓNICO, CALCULADA A PARTIR DA ANÁLISE ESPECTROGRÁFICA DE LONGA DURAÇÃO

Leq. INTENSIDADE SONORA EQUIVALENTE (TRADUÇÃO DE EQUIVALENT SOUND LEVEL)

LTAS. ANÁLISE ESPECTROGRÁFICA DE LONGA DURAÇÃO (TRADUÇÃO DE LONG-TERM AVERAGE SPECTRUM)

Psub. PRESSÃO SUBGLÓTICA.

PTP. LIMAR MÍNIMO DE PRESSÃO DE FONAÇÃO (TRADUÇÃO DE PHONATION THRESHOLD PRESSURE)

R. RESISTÊNCIA GLÓTICA (TRADUÇÃO DE GLOTTAL RESISTANCE)

SPP. PICO DE HARMÓNICOS COM MAIOR ENERGIA NA VOZ CANTADA (TRADUÇÃO DE SINGING POWER PEAK)

SPR. RAZÃO ENTRE AS INTENSIDADES DOS PICOS COM MAIOR ENERGIA (TRADUÇÃO DE SINGING POWER RATIO)

VAS. ESCALA VISUAL ANALÓGICA (TRADUÇÃO DE VISUAL ANALOGUE SCALE)

α . PARÂMETRO ALFA (TRADUÇÃO DE ALFA RATIO)

CAPÍTULO 1: INTRODUÇÃO

1. INTRODUÇÃO

1.1. TEMÁTICA DE INVESTIGAÇÃO

De acordo com o tamanho, tipo e material de construção, diferentes instrumentos possuem diferentes características acústicas. O mesmo princípio se poderá aplicar à voz humana enquanto instrumento vocal: um cantor possui uma voz com características acústicas únicas, dependente das particularidades morfológicas individuais apresentadas (Roers et al., 2009b). Estas particularidades são fundamentais à identificação de diferentes intérpretes; veja-se o caso das biografias de cantores de elite (i.e., cantores que atingem o estrelato internacional), em que é comum encontrar referências ao seu tipo de voz como elemento identificador. Constituem exemplos: “*Os três tenores*” – José Carreras, Luciano Pavarotti e Plácido Domingo; “*a soprano Maria Callas*”; “o baixo norte-americano Samuel Ramey”, etc (Johnson e Kempster, 2011).

Pode-se então considerar que o alicerce da identidade, da formação e da orientação da carreira profissional de um cantor clássico consiste, em grande medida, na sua classificação vocal. Assim, na pedagogia do canto, torna-se fundamental a identificação da categoria vocal do aluno. Esta possibilitará a atribuição do repertório mais adequado ao desenvolvimento saudável do seu instrumento e à consolidação de uma técnica vocal robusta (Zahner, 2000). Uma classificação vocal errada poderá ter consequências dramáticas, uma vez que o repertório escolhido poderá ser demasiado exigente relativamente às possibilidades morfológicas, fisiológicas e aerodinâmicas do instrumento, resultando no abuso vocal e, a longo prazo, mesmo no possível abandono da profissão (McCoy, 2004).

Muitos dos problemas vocais apresentados por cantores clássicos têm a sua origem numa classificação vocal errada (Johnson e Kempster, 2011). É, em parte, por isto que questões relativas ao tipo de repertório são incluídas no diagnóstico vocal efetuado por profissionais de saúde especialistas no cuidado e tratamento da voz profissional (Sataloff, 1998). Compreende-se assim

que vários cantores profissionais de elite reportem a necessidade de cuidados extra na seleção de repertório. Veja-se por exemplo o caso de Renée Fleming, soprano norte-americana, que escreveu recentemente na sua autobiografia (Flemming, 2004):

“A big component of longevity is choosing repertoire wisely. The most difficult word for a singer to learn is no – no to too much, too soon, too heavy, too dramatic, too mature, and to an orchestra that’s too loud. (...) One of the best ways to ensure stamina is not to sing too heavily, for adding weight to particular long section will only lead to fatigue.” (citado em R. Fleming, 2004, pp. 146; pp. 150)¹

É no seguimento desta preocupação, i.e., da procura de repertório adequado ao tipo de voz do cantor, que se desenvolveu este projeto, focado na compreensão de quais os parâmetros atualmente existentes que permitem a realização de uma classificação vocal de cantores líricos robusta. Por questões de clarificação de terminologia, nesta tese entender-se-á classificação vocal como a divisão dos diferentes tipos de vozes em categorias principais, i.e., soprano, mezzo-soprano, alto, tenor, barítono e baixo, e subclasse (ou subclassificação ou subtipologia) como as subdivisões que existem dentro de cada uma destas categorias principais.

1.2. MOTIVAÇÃO

O impacto de uma atribuição de subclasse vocal incorreta passa não só pelo comprometimento da saúde vocal do cantor como também pelo insucesso e pouca longevidade da sua carreira. De facto, ao contrário do que pode acontecer com outro instrumentista, a possibilidade de substituição do instrumento (em caso de dano) não existe para o cantor (Kagen, 1960). Assim, são vários os motivos que despoletaram interesse em desenvolver um estudo

¹ “Uma componente fundamental à longevidade da carreira consiste na escolha acertada de repertório. Um dos maiores desafios que um cantor poderá encontrar é saber dizer que não a – muito, demasiado cedo, demasiado pesado, demasiado dramático, demasiado maduro, uma orquestra que é demasiado sonora. (...) Uma das melhores formas de garantir resistência é de evitar cantar pesado, pois a adição de peso a uma secção particularmente grande apenas conduzirá à fadiga vocal” (in R. Fleming, 2004, pp. 146; pp. 150; tradução da autora).

científico sobre a temática de subclassificação vocal. Uma das principais motivações relaciona-se com a necessidade de contribuir para a promoção da saúde vocal de cantores líricos, enquanto futuros profissionais e profissionais. Outra motivação advém do interesse pessoal da autora: a disparidade e dificuldade na atribuição da subclasse vocal da autora enquanto aluna em formação e, conseqüentemente, na escolha de repertório ao longo da sua formação vocal, despertou, desde cedo, interesse em compreender quais as razões para tal problemática. A autora deparou-se com a dificuldade acrescida na procura de parâmetros objetivos e consistentes na literatura disponível, que permitissem uma classificação vocal alheia à subjetividade inerente a uma avaliação baseada apenas numa percepção auditiva. Em primeiro lugar, encontrou-se um elevado número de variáveis que podem contribuir para diferentes percepções quanto ao tipo de voz. Esta natureza multifatorial da classificação vocal poderá, por sua vez, estar relacionada com o sistema de classificação escolhido (diferentes consoante o país/ escola de ensino). Apesar dos esforços na tentativa de uniformização e validação de parâmetros possibilitadores duma classificação vocal universal, como sejam a extensão vocal, tessitura², zonas de quebra de registo³ e timbre, não existe concordância quanto ao método como se deverão utilizar os mesmos. Para além disso, a problemática agrava-se no que diz respeito a subclasses vocais.

Tendo em conta a extensão vocal, seis classificações principais encontram-se comuns a diferentes sistemas utilizados, sendo estas: soprano, mezzo-soprano, contralto, tenor, barítono e baixo (Cleveland, 1977a, Miller, 1986, Titze, 1994). Contudo, enquanto a extensão vocal é facilmente mensurável, tanto a tessitura, como a percepção auditiva de timbre vocal são parâmetros altamente subjetivos (Shrivastav e Wingate, 2008). A tessitura é uma medida de autopercepção que depende, em grande parte, da técnica vocal. A percepção de timbre vocal baseia-se tanto na

² Tessitura: a região da extensão vocal em que o cantor se sente mais confortável (Titze, 1994).

³ Segundo Hollien, “os registos vocais são eventos totalmente laríngeos. Consistem numa gama de frequências vocais consecutivas que podem ser produzidas com qualidade fonatória similar. (...) Há pouca sobreposição de frequências fundamentais entre os registos (...) e a distinção dos registos deve evidenciar-se perceptual, acústica, fisiológica e aerodinamicamente.” (Tradução da autora) (Hollien, 1974). Todavia, a definição de registo vocal não está ilibada de controvérsia e há quem proponha nenhum, um, dois, três, quatro, cinco, seis ou sete registos e até professores que sustentam que cada nota da extensão vocal deve ser considerada um registo independente (Miller, 1977)

experiência como em questões estéticas. Características como peso, cor, brilho, textura, tamanho e volume são geralmente associadas ao timbre e por isso utilizadas para estabelecer uma subdivisão em cada uma das seis categorias principais acima referidas (Shrivastav e Wingate, 2008). No entanto, a utilização destes parâmetros – que são subjetivos - gera controvérsia, sendo que conseqüentemente aparecem sistemas que providenciam subclasses diferentes, dependendo do vocabulário usado na definição do tipo de voz. Veja-se, por exemplo, a explicação da qualidade vocal esperada para uma soprano soubrette:

“A young soprano with a bright, flexible voice who appears energetic and youthful on stage.”⁴ (citado em McGinnis 2010, pp. 20).

Esta elevada subjetividade associada à definição tímbrica de uma voz permite que uma soprano possa enquadrar-se em diferentes subtipologias, dependendo da percepção auditiva do professor, da escola-base de formação, dos diferentes maestros ou agentes com quem trabalha.

Um outro fator adicional que poderá constituir uma barreira a uma subclassificação vocal eficaz é a tendência crescente de se classificar uma voz ainda em fase inicial da sua formação e desenvolvimento (Johnson e Kempster, 2011).

Compreende-se assim a necessidade de encontrar meios mais objetivos de subclassificação vocal, complementares aos que já existem, de forma a colmatar as lacunas por estes apresentados. A definição de parâmetros objetivos de subclassificação vocal traria benefícios a vários domínios, nomeadamente: (i) à pedagogia do canto, tornando o processo de ensino-aprendizagem mais eficiente, permitindo também a monitorização da evolução do aluno; (ii) às companhias/ agentes responsáveis pela empregabilidade do cantor, já que as mesmas estão organizadas tendo em conta a classificação vocal; (iii) aos músicos que apresentam obrigações profissionais de distribuição de partes vocais, por exemplo os maestros; e (iv) aos profissionais de saúde que se dedicam ao diagnóstico e tratamento de problemas vocais (Johnson e Kempster, 2011).

⁴ “Uma jovem soprano com uma voz brilhante e flexível, que parece enérgica e jovial em palco.” (in McGinnis 2010, pp. 20; tradução da autora).

Para colmatar as limitações destes sistemas, baseados em avaliações perceptivas, vários investigadores procuraram encontrar medidas fisiológicas e morfológicas que pudessem proporcionar formas mais objetivas de subclassificação vocal. Estudos prévios tentaram definir: (i) características espectrográficas relacionadas com o timbre vocal (Johnson e Kempster, 2011, Mendes et al., 2003); (ii) tessitura vocal, i.e., zona de frequências confortável à fonação (Thurmer, 1988); os extremos vocais em extensão e dinâmica, criando um perfil de extensão vocal⁵ específico ao cantor (Lamarche et al., 2010); (iii) tamanho das pregas vocais e do trato vocal (Roers et al., 2009a) e (iv) estimulação neurológica do músculo esternocleidomastoideu (Cleveland, 1993). Contudo, estes estudos carecem de uma relação entre medidas objetivas e medidas perceptuais. Para além disso, ignora-se a relação entre o timbre vocal e medidas acústicas, dependente de fatores fisiológicos de produção vocal como pressão subglótica, força de adução, extensão e tensão das pregas vocais (Sundberg, 1987). Para terminar, uma outra lacuna apresentada por estes estudos é a de que não se desenvolveram formas de determinar parâmetros de avaliação vocal objetivos que possam ser facilmente utilizados em contextos pedagógicos.

1.3. OBJETIVOS

Como a voz apresenta a particularidade de ser um instrumento musical dependente de fatores biológicos, psicológicos e acústicos, as características vocais vão-se moldando ao longo da vida, dependendo igualmente das escolhas de repertório e das condições de trabalho. Assim sendo, melhor se compreende a necessidade de encontrar um sistema de classificação vocal que possa orientar o cantor de acordo com a fase da vida e de desenvolvimento vocal em que se encontra, otimizando os seus recursos na competição pelas oportunidades de trabalho. Pretende-se assim, com este trabalho, propor um modelo de atribuição de subclasses vocais baseado nos

⁵ O perfil de extensão vocal também poderá ser denominado de fonetograma (Titze 1994).

parâmetros fisiológicos e aerodinâmicos que condicionam a qualidade vocal (por exemplo, pressão subglótica, resistência glótica) e nas características acústicas de uma dada voz. Pretende-se que este modelo possa ser positivamente correlacionado com uma classificação vocal baseada numa avaliação perceptual realizada por um painel de avaliadores (professores de canto internacionais), colmatando assim algumas das limitações oferecidas pelos sistemas de atribuição de subclassificações atualmente vigentes.

O objetivo final será o da criação de um modelo de atribuição de subclasses vocais baseado em parâmetros multifatoriais (i.e. perceptuais, acústicos, aerodinâmicos e fisiológicos) que possa ser facilmente utilizado em contextos pedagógicos. Tendo em conta que a autora é soprano e este trabalho foi realizado no âmbito de um mestrado em performance, a categoria de soprano será o objeto principal de estudo, procurando encontrar parâmetros de definição das suas diferentes subclassificações.

1.4. QUESTÕES DE INVESTIGAÇÃO

De uma forma sucinta, este estudo pretende responder à seguinte questão: que parâmetros acústicos, fisiológicos e aerodinâmicos poderão constituir um modelo fidedigno de atribuição de subclasse vocal que permita, ao ser aplicado, predizer os resultados obtidos a partir de uma avaliação perceptual auditiva?

1.5. ESTRUTURAÇÃO DA TESE

Para responder a esta questão, desenvolveu-se um projeto de investigação que consta: (i) de uma fundamentação teórica (capítulos 2 e 3), em que são contextualizados os diferentes sistemas de classificação vocal e respetivas premissas que os fundamentam contendo uma revisão crítica dos estudos existentes e considerados os mais relevantes para o desenvolvimento deste trabalho; (ii) de um estudo empírico (capítulos 4 e 5), apresentando os procedimentos usados na recolha e na análise dos dados bem como os resultados da mesma; e (iii) de uma última secção (capítulo 6), a título conclusivo, onde serão discutidos os resultados obtidos e proposto um modelo complementar de atribuição de subclasses vocais a sopranos, que permitirá abrir linhas futuras de investigação. Estas poderão incluir a implementação deste modelo na classificação de estudantes em conservatórios de música e nas escolas superiores de música que lecionam a unidade curricular de canto, assim como a criação de programas curriculares adaptados às necessidades específicas de cada subclasse vocal.

CAPÍTULO 2: CONTEXTUALIZAÇÃO

2. TIPOLOGIAS VOCAIS

2.1. INTRODUÇÃO

No topo da lista dos fatores decisivos na escolha de um cantor para um determinado papel operático aparece a classificação vocal (Johnson e Kempster, 2011). As características vocais, a aparência física, a idade, a experiência performativa, a personalidade e a interpretação do repertório (sem causar fadiga vocal), constituem fatores decisivos na escolha de um cantor para um determinado papel operático, segundo os sistemas de classificação vocal em vigor. Esta secção dedicar-se-á à apresentação dos diferentes sistemas de subclassificação vocal que são utilizados nas casas de ópera e escolas de canto em todo o mundo, descrevendo os parâmetros utilizados que fundamentaram a sua criação e implementação.

2.2. SISTEMAS DE SUBCLASSIFICAÇÕES VOCAIS CORRENTES

Existe uma diversidade de métodos para agrupar as vozes clássicas em categorias (ou tipologias), utilizados para definir a formação e empregabilidade de cantores e a gestão das temporadas nas casas de ópera. As tipologias principais reconhecidas em diferentes sistemas são: soprano, mezzo-soprano, contralto, tenor, barítono e baixo (Miller, 1977). Todavia, estas seis categorias não são suficientemente específicas para fazer face às exigências do mercado de trabalho do cantor clássico, nem às especificidades inerentes à atribuição de diferentes papéis operáticos, feita de acordo com as características físicas, vocais e de personalidade que cada cantor apresenta (McGinnis, 2010). Desta forma, cada categoria foi subdividida em diferentes *Fächer*⁶, denominação convencionada para as subclasses vocais (Miller, 1977). A contratação e despedimento de cantores, a organização da temporada e a gestão financeira das casas de ópera encontram-se, em grande parte, baseadas neste sistema de *Fach* (McGinnis, 2010). Os *Fächer* são subtipologias vocais (dentro de cada tipologia vocal principal já apresentada), que resultam de

⁶ *Fächer*: plural de *Fach*. *Fach* significa categoria, divisão, campo de estudo em alemão.

uma avaliação com base na extensão vocal, tessitura, mudanças de registo e timbre vocais (Shrivastav e Wingate, 2008). Tendo em conta que o objeto de estudo deste trabalho consiste, como já referido, das diferentes subclasses de soprano, apresentam-se de seguida diferentes sistemas de *Fächer* para este naipe, propostos por autores de nacionalidades diferentes. Estes sistemas são representativos das classificações vocais percetuais estabelecidas nas suas zonas geográficas, não sendo no entanto consensuais, dada a subjetividade inerente às avaliações percetuais (Miller, 1977).

2.2.1. *Fächer franceses*

Blivet propôs um sistema de classificação vocal, apresentado na Tabela 1, em que a categoria de sopranos é subdividida em cinco subclasses (Blivet, 1999).

Tabela 1. Sistema de subclassificação de sopranos, baseada nas características tímbricas e de extensão vocal da região vocal mais aguda de um soprano (Blivet, 1999).

Identificação das subclasses	Descrição das características que as definem
<i>Soprano léger</i>	Soprano que utiliza os sobreagudos.
<i>Soprano lyrique léger</i>	É uma voz mais ampla do que o soprano <i>léger</i> e menos confortável nos sobreagudos. O centro da voz é mais redondo e mais fácil que o soprano <i>léger</i> .
<i>Soprano lyrique</i>	É a soprano central por excelência. Possui um centro da voz razoavelmente amplo e um agudo redondo e cómodo. Menos ampla e sombria do que a voz de soprano <i>dramatique</i> , presta-se a belas linhas líricas e os graves são relativamente sonoros.
<i>Soprano lyrique spinto</i>	Esta voz parece-se com a anterior, mas com um centro mais amplo e sombrio e um agudo mais brilhante e projetado. Está muito próxima da soprano dramática, mas é mais ágil e menos sombria.
<i>Soprano dramatique ou wagnérien</i>	Esta voz é muito ampla e sombria; larga mas de sonoridade clara. Canta com voz de peito facilmente. A voz é quente e redonda por toda a tessitura, o timbre sombrio é destinado ao drama lírico.

Este modelo de classificação utiliza o timbre como principal método de distinção entre as diferentes subclasses de soprano: a *soprano lyrique léger* tem um timbre mais amplo e redondo do que a *soprano léger*; a *soprano lyrique* tem um timbre que se dispõe à emissão de belas linhas líricas e um grave sonoro, apesar da voz ser menos ampla e sombria do que a da *soprano dramatique*; a *soprano lyrique spinto* é comparada com a *soprano lyrique*, na medida em que tem um timbre idêntico, sendo que o centro da voz é mais amplo e sombrio e de um agudo mais brilhante e projetado; esta subclasse de soprano é comparada com a *soprano dramatique*, tendo no entanto a voz mais ágil e menos sombria. Por último, a *soprano dramatique* tem a voz mais ampla e sombria. Acresce ainda que a voz é considerada quente e redonda por toda a tessitura, larga mas de sonoridade clara. O autor serve-se também da *tessitura* para caracterizar a voz da

soprano léger. Na Figura 1 estão representadas as diferentes *tessituras* mais comuns para as vozes de sopranos, segundo o autor. Por exemplo, a *soprano léger* tem facilidade na região sobreaguda (representada a castanho) e é frequente que no repertório destinado a este *Fach* estas frequências sejam predominantes (até para demonstrar as capacidades vocais da cantora) (Blivet, 1999).



Figura 1. Representação da extensão vocal habitual para a categoria vocal de soprano. A bola verde aponta o Dó4 (aproximadamente 262 Hz); a risca amarela indica a região grave; a risca azul indica a região média; a risca vermelha indica a região média-aguda; a risca roxa indica a região aguda; e a risca castanha indica a região sobreaguda da extensão vocal. Diferentes subclasses de sopranos apresentaram tessituras diferentes, i.e. regiões dentro desta extensão em que lhes é mais confortável e fácil cantar.

2.2.2. *Fächer norte-americanos*

Um outro sistema de classificação foi proposto por Miller, que organizou um sistema de classificação vocal direcionado só para as vozes femininas, discriminando oito subclasses para as vozes de sopranos (Miller, 2000). Ao contrário de Blivet, este autor não fundamenta o seu modelo de classificação vocal maioritariamente nas características tímbricas, incluindo outros parâmetros, dos quais se destacam: (i) a aparência (a aparência jovial da *soubrette* e a presença física imponente da *dramatic soprano*); (ii) as capacidades representativas (como o charme físico da *soubrette*); (iii) a intensidade vocal de uma determinada região da extensão vocal (o que acontece com o caso particular da *soprano lirico spinto*); (iv) intensidade vocal; e (v) agilidade vocal.

Este autor, pedagogo e investigador americano reconhecido como tendo sido um pioneiro na definição das diferentes metodologias de ensino nas escolas de canto europeias no século XX, recorre a vocabulário proveniente das línguas francesa, italiana, inglesa e alemã, procurando desta forma criar uma proposta de classificação vocal congregadora dos sistemas de classificação vocal de quatro nações fornecedoras da maior parte de repertório lírico (Miller, 2000). As características tímbricas utilizadas para classificar as diferentes subclasses vocais são mais uma vez subjetivas, como se pode constatar das seguintes definições: o lirismo ligeiro da *soubrette*, o lirismo substancial da *lyric soprano*, o dramatismo vocal do *spinto soprano* além da voz dramática jovial da *Jugendlichdramatichsopran* - cuja voz não está relacionada com a idade ou maturidade da cantora. A voz da *dramatic soprano* é ampla e apresenta profundidade e brilho no timbre, e a *Zwischenfachsängerin* tem o peso e a cor de timbre das *dramatic sopranos*. Quanto aos parâmetros mais objetivos, como a intensidade, Miller refere a projeção sustentada da *dramatic coloratura soprano* além da grande projeção sustentada da *dramatic soprano*. Parâmetros

inerentes à técnica, como a agilidade da *soubrette*, a flexibilidade em passagens rápidas da *dramatic coloratura soprano*, a capacidade que a *spinto* tem para sustentar linhas em tessituras agudas, são também utilizados por este pedagogo. Mais uma vez salienta-se a subjetividade na descrição de características vocais distintivas de diferentes subclasses de sopranos. A Tabela 2 apresenta um resumo deste sistema de classificação (Miller, 2000).

Tabela 2. Sistema de subclassificação vocal baseado em características tímbricas, intensidade e flexibilidade vocais, aparência e capacidade representativa (Miller, 2000).

Identificação das subclasses	Descrição das características que as definem
<i>Soubrette</i>	Vozes com um lirismo ligeiro, agilidade, charme físico e aparência jovial.
<i>Dramatic Coloratura</i>	Nestas vozes, alia-se a flexibilidade em passagens rápidas a grande projeção sustentada.
<i>Lyric</i>	Instrumentos com um lirismo substancial. É a voz operática feminina ideal.
<i>Lirico Spinto</i>	Vozes que sustentam passagens agudas em competição com o som da massa orquestral.
<i>Spinto</i>	Vozes que exibem dramatismo vocal e capazes de sustentar linhas em tessituras agudas.
<i>Jugendlichdramatisch</i>	Descrita como uma jovem voz dramática de soprano em desenvolvimento, apesar de não depender da idade e maturidade da cantora.
<i>Dramatic</i>	A voz mais ampla das sopranos. Grande projeção sustentada, exibindo profundidade e brilho no timbre além de uma presença física imponente.
<i>Zwischenfachsängerin</i>	Estas vozes encontram-se entre categorias vocais: detentoras do peso e cor das vozes das sopranos dramáticas, sentem-se mais confortáveis com tessituras de mezzo-sopranos.

Um outro sistema de classificação norte-americano também apresenta um grande número de tipos de sopranos: oito subclasses, descritas na Tabela 3 (McGinnis, 2010). McGinnis introduz o fator etário na caracterização das subclasses vocais. A *beginner soprano* é uma voz juvenil, a *soubrette soprano* é uma jovem soprano, a *young dramatic soprano* é uma jovem *dramatic soprano* e a *high dramatic soprano* é a mais madura das vozes de soprano.

Mais uma vez, este sistema de subclassificação vocal é fundamentado na avaliação perceptual das vozes, recorrendo a características tímbricas de peso, cor e temperatura. A *beginner soprano* apresenta uma voz leve, a *soubrette soprano* tem uma voz brilhante, a *lyric coloratura* e a *dramatic coloratura sopranos* têm um timbre brilhante. A voz da *lyric soprano* é indicada por ter uma cor quente e bonita, além de cantar frases inigualáveis e belas notas agudas. A *character soprano* possui uma voz brilhante e metálica e a *dramatic soprano* também apresenta uma voz brilhante, além de ser vocalmente imponente em palco. Por fim, a *high dramatic soprano* caracteriza-se por possuir uma linha macia e uma bela cor. As características tímbricas mais objetivas encontram-se referidos na voz aguda da *beginner soprano*, da *lyric coloratura soprano* e

da *dramatic coloratura soprano*, além das capacidades de projeção da *dramatic coloratura*, da *young dramatic*, da *dramatic* e da *high dramatic sopranos*.

McGinnis também refere dimensões técnicas das vozes, tais como a voz flexível da *soubrette*, da *lyric coloratura* e da *dramatic coloratura sopranos*, e a capacidade da *lyric soprano* para cantar frases longas.

A autora também remete a parâmetros relativos à interpretação em palco na caracterização das vozes: a *soubrette soprano* aparenta energia e jovialidade em palco, o poder de retratar personagens dramáticas da *character soprano* e a imponência física da *dramatic soprano* em palco. Este sistema de classificação está discriminado na Tabela 3.

Tabela 3. Sistema de subclassificação vocal baseado na idade, características tímbricas e capacidades representativas (McGinnis, 2010).

Identificação das subclasses	Descrição das características que as definem
<i>Beginner soprano</i>	Uma voz juvenil, leve e aguda.
<i>Soubrette soprano</i>	Uma jovem soprano com uma voz brilhante e flexível que aparenta energia e jovialidade em palco.
<i>Lyric coloratura soprano</i>	Uma voz aguda, brilhante e flexível que brilha no registo mais agudo.
<i>Dramatic coloratura soprano</i>	Uma voz aguda, brilhante e flexível capaz de uma projeção considerável no registo mais agudo.
<i>Lyric soprano</i>	Uma voz com uma cor quente e bonita, capaz de frases longas e inigualáveis e belas notas agudas.
<i>Young dramatic soprano</i>	Uma jovem dramatic soprano com grande projeção.
<i>Character soprano</i>	Uma voz brilhante e metálica com o poder de retratar personagens dramáticas.
<i>Dramatic soprano</i>	Uma voz projetada e brilhante, física e vocalmente imponente em palco.

2.2.3. *Fächer ingleses*

No próximo sistema de classificação vocal apresentado são propostas sete subclasses de sopranos, cujas características que as definem estão sumariadas na Tabela 4 (Legge, 2001). Este autor introduz um aspeto diferente dos outros autores: uma descrição do carácter teatral esperado para cada tipo de voz, associando algumas das subclasses a personagens-tipo. Assim, por exemplo, as *soubrette* são criadas e as *heavy dramatic sopranos* são deusas. Legge também refere características de personalidade habituais nos papéis mais típicos dos tipos de vozes; por exemplo as *soubrette* são raparigas cheias de charme, as *lyric soprano* têm um carácter mais meigo e empático, as *dramatic coloratura sopranos* são figuras mais poderosas e nobres, as *spinto*

sopranos são figuras centrais, belas e juvenis e as *dramatic soprano* são mulheres com fortes profundidades emocionais. Legge caracteriza também as diferentes subclasses de sopranos recorrendo a alguns aspetos de comunicação, tais como dicção – espera-se que a *soubrette* tenha uma boa dicção - e de técnica vocal, tais como: a *lyric coloratura soprano* e a *dramatic coloratura soprano* devem ter coloratura, a *lyric*, a *spinto* e a *dramatic sopranos* devem cantar linhas longas, a *dramatic soprano* deve também possuir habilidades para sustentar canto dramático como o encontrado em Verdi. O autor também refere alguns aspetos subjetivos para caracterizar as vozes: a *soubrette* apresenta bom centro e topo de voz e a *lyric soprano* precisa de ter mais voz do que a *soubrette* ou a *lyric coloratura soprano*.

Tabela 4. Sistema de subclassificação vocal baseado nas personagens do repertório operático, comunicação, aspetos de técnica vocal e timbres vocais (Legge, 2001).

Identificação das subclasses	Descrição das características que as definem
<i>Soubrette</i>	Boa dicção, bom centro e topo de voz. As personagens, tal como o nome francês sugere, são criadas e raparigas cheias de charme.
<i>Lyric coloratura</i>	Habilidade para cantar notas agudas e coloratura rápida. As personagens são muito parecidas com as <i>soubrettes</i> .
<i>Lyric</i>	Habilidade para sustentar linhas longas; precisa de ter mais voz do que a <i>soubrette</i> ou a <i>lyric coloratura soprano</i> . As personagens têm um carácter mais meigo e empático.
<i>Dramatic coloratura</i>	Habilidade para cantar coloratura numa extensão mais ampla e com maior projeção. Figuras mais poderosas e nobres.
<i>Spinto</i>	Maior amplitude emocional e habilidade para cantar linhas longas com orquestrações mais densas sem se cansar. As personagens são figuras centrais, belas e juvenis.
<i>Dramatic</i>	Habilidade para sustentar canto dramático como o encontrado em Verdi. Representam mulheres com fortes profundidades emocionais.
<i>Heavy dramatic</i>	Habilidade para sustentar linhas longas e projetadas por cima da orquestra. Personagens comparadas a deusas.

2.2.4. *Fächer alemães*

O sistema de classificação vocal seguidamente apresentado, introduzido pelo maestro e musicólogo Rudolf Kloiber e colegas, é paradigmático para a atribuição de *Fächer* nos países de expressão alemã. Desdobra-se em dois tipos de *Fächer*, (i) os sérios e (ii) os cómicos e de carácter, apresentando sete subclasses para as vozes de sopranos (ver Tabela 5) (Kloiber et al., 2002).

Tabela 5. Sistema de subclassificação vocal baseado na distribuição em dois tipos: sérios e cômicos de caráter (Kloiber et al., 2002).

Identificação das subclasses	Descrição das características que as definem
<u>FÄCHER SÉRIOS:</u>	
<i>Lyrischer Sopran</i>	Voz suave com um belo brilho; linhas nobres.
<i>Jugendlich-dramatischer Sopran</i>	Voz de <i>lyrischer Sopran</i> com maior volume, com agudos igualmente dramáticos mais projetados.
<i>Dramatischer Koloratursopran</i>	Voz ágil com agudos; projeção dramática capaz de passar por cima da orquestra.
<i>Dramatischer Sopran</i>	Voz volumosa e metálica; grande capacidade de projetar a voz por cima da orquestra.
<u>FÄCHER CÔMICOS E DE CARÁTER:</u>	
<i>Lyrischer Koloratursopran</i>	Voz muito ágil e suave, com agudos.
<i>Spielsopran (Soubrette)</i>	Voz delicada e flexível, sonoridade graciosa.
<i>Charaktersopran</i>	Voz entre categorias, dispondo de uma fina versatilidade dramática.

Kloiber utiliza também parâmetros maioritariamente subjetivos para caracterizar os *Fächer*, baseados em características tímbricas: a *lyrischer Sopran* tem um timbre suave com um belo brilho e canta linhas nobres, a *jugendlich-dramatischer Sopran* possui agudos dramáticos, a *dramatischer Sopran* tem uma voz metálica. Nos *Fächer* cômicos e de caráter, a *lyrischer Koloratursopran* tem uma voz suave e a *Spielsopran* uma voz delicada, com sonoridade graciosa. Quanto a qualidades menos subjetivas, Kloiber menciona alguns aspetos inerentes à intensidade: a voz da *jugendlich-dramatischer Sopran* é detentora de maior volume e agudos mais projetados do que a *lyrischer Sopran*, a *dramatischer Sopran* tem uma voz volumosa e com grande capacidade de ser projetada por cima da orquestra e são dignas de nota as capacidades de projeção da *dramatischer Koloratursopran*. Kloiber menciona ainda algumas características relativas à tessitura de algumas das vozes: os agudos da *dramatischer Koloratursopran* e da *lyrischer Koloratursopran*. O autor refere ainda outras características tímbricas em dois *Fächer*: a voz ágil da *dramatischer Koloratursopran* e da *lyrischer Koloratursopran*. Quanto a especificidades dramáticas das vozes, Kloiber refere a fina versatilidade dramática da *Charaktersopran*.

2.3. CONCLUSÃO

Neste capítulo foi feita uma apresentação dos sistemas de classificação vocal atualmente em vigor em diferentes países e escolas de canto. Constata-se que em todos os modelos vigentes são descrições subjetivas que determinam as subclasses das vozes. Alguns dos sistemas de classificação apresentados referem parâmetros passíveis de ser quantificados, como a intensidade vocal, mas todos os avaliam qualitativamente. Além disso, são notórias diferenças nas subclasses referentes à inclusão ou não de parâmetros que nada estão relacionados com características da voz, como por exemplo a idade ou capacidades de representação cénica.

Outra limitação apresentada por estes sistemas de classificação relaciona-se com as dificuldades inerentes ao uso de terminologias diferentes. A introdução de nomes diferentes para subclasses semelhantes em termos de descrição qualitativa gera a problemática de uma terminologia não transversal a diferentes países e escolas de canto. Esta não universalidade não é compreendida, especialmente nos dias de hoje, em que a globalização dos mercados de trabalho é fator comum a todas as profissões (Henrich et al., 2008).

Na tentativa de minimizar as consequências pouco práticas de existirem diferentes sistemas de classificação, consoante o país e conseqüentemente a escola de canto dominante, vários foram os estudos científicos que se dedicaram à procura de formas mais objetivas de classificação vocal, complementares às até agora discutidas. No capítulo que se segue serão apresentados e discutidos os resultados destes trabalhos e a sua contribuição para a clarificação da temática de investigação: encontrar formas de clarificar e diminuir a probabilidade de erro na atribuição de uma subclasse vocal a um cantor lírico.

CAPÍTULO 3: REVISÃO CRÍTICA

3. ESTUDOS CIENTÍFICOS PRÉVIOS

3.1. INTRODUÇÃO

É fundamental, desde a formação inicial de um jovem aspirante a cantor até ao auge da sua carreira profissional, que este mantenha um desenvolvimento vocal ativo isento de problemas vocais relacionados com uma técnica vocal ineficaz ou com a interpretação de repertório inadequado de forma continuada. Assim, compreende-se que em todos os momentos de uma profissão cada vez mais competitiva, a subclasse vocal de um cantor seja um fator determinante para a plenitude da sua saúde vocal e longevidade da sua carreira (Coffin, 1956, Legge, 2001). A construção da atribuição desta classificação vocal reside, em grande parte, no seu perfil fisiológico, anatómico, biométrico, acústico e psicológico (incluindo personalidade e estados emocionais) (Miller, 2000, Thurman et al., 2000).

“Universal measures apply to each soprano voice, but the diversity of instruments within the general soprano category requires variations in pedagogic application. A young dramatic soprano voice must not be forced into a soubrette mold, nor ought the soubrette soprano be assigned dramatic tasks. Several differences in categories of the soprano voice are based on variations in physiognomy, laryngeal size, shape of the resonator tract, points in the musical scale where register events occur, and personal imaging.” (citado em Miller, 2000, pp. 3)⁷

Por estes motivos e tal como foi verificado no Capítulo 2, existiram diferentes tentativas de criação de sistemas de subclassificação vocal, ainda que maioritariamente baseados em parâmetros subjetivos. Neste capítulo, será dada ênfase aos estudos realizados nesta temática,

⁷ Aplicam-se medidas universais a cada voz de soprano, mas a diversidade de facetas dentro da categoria geral de soprano requer variações na aplicação pedagógica. Uma jovem voz de soprano dramático não deve ser forçada a um molde de soubrette, nem se devem atribuir tarefas dramáticas a uma soubrette. Várias diferenças nas categorias de soprano são baseadas em variações de fisionomia, tamanho laríngeo, forma do trato ressoador, pontos da escala musical onde ocorram alterações dos registos e imagética pessoal (in Miller, 2000, pp. 3; tradução da autora).

mas numa perspetiva de serem encontrados parâmetros de atribuição de subclasses vocais mais objetivos (i.e., quantitativos e não perceptuais). A Tabela 6 apresenta um resumo com as questões de investigação colocadas, o desenho de estudo escolhido e os principais resultados encontrados.

Tabela 6. Resumo dos estudos científicos apresentados na revisão crítica deste trabalho.

Autores	Questão de investigação	Desenhos de estudo escolhidos	Principais resultados encontrados
Omori, Kacker, Carroll, Riley, & Blaugrund, 1996	Até que ponto se poderão relacionar o SPR e o SPP com a riqueza e o metal da voz cantada?	Gravações; análise espectral de potência; testes de percepção auditiva.	Os cantores apresentam maior SPR do que os não-cantores; o SPP é proporcional à frequência fundamental; maiores valores de SPP e SPR = maiores pontuações de <i>metal</i> e <i>riqueza</i> da voz.
Ekholm, Papagiannis, & Chagnon, 1998	A que fenómenos espectrais é que os critérios perceptuais cor/temperatura, ressonância/brilho, vibrato adequado e claridade/foco correspondem numa análise LTAS?	Gravações; análises espectrais; testes de percepção auditiva.	A qualidade vocal está relacionada com um vibrato adequado, uma formante do cantor desenvolvida e uma afinação precisa.
Erickson, 2003	A distinção perceptual de timbres de diferentes categorias vocais pode ser associada a parâmetros acústicos?	Gravações; análises espectrais de longa duração; testes de percepção auditiva.	A categoria de soprano distingue-se da de mezzo-soprano pela frequência fundamental e pela configuração da energia espectral.
Erickson, 2004	Em que medida as frequências da terceira e da quarta formante influenciam a percepção da categoria vocal?	Testes de percepção auditiva.	A percepção da categoria vocal é influenciada pelas frequências das formantes e pela frequência fundamental.
Johnson & Kempster, 2011	Que diferenças se encontram na análise LTAS entre as várias categorias de vozes masculinas?	Gravações; análises espectrais de longa duração.	A LTAS pode servir como ferramenta para a classificação vocal.
Roers et al., 2009a; F. Roers, D. Mürbe, & J. Sundberg, 2009b	Que relações se podem encontrar entre alguns parâmetros anatómicos e morfológicos e as categorias vocais?	Análise de imagens de raio-X.	Da categoria de soprano para a categoria do baixo, o comprimento das pregas vocais e do trato vocal vão aumentando.
Sundberg, 2012 – Comunicação pessoal	Que diferenças existem a nível de pressão subglótica entre sopranos líricos e sopranos dramáticos?	Gravações; análises do sinal de pressão intraoral.	Sopranos dramáticos apresentam maiores valores de pressão subglótica do que sopranos líricos.

3.2. PARÂMETROS OBJETIVOS DE SUBCLASSIFICAÇÃO VOCAL

Reverendo as limitações apresentadas pelos sistemas de classificação vocal baseados em parâmetros perceptuais, destacam-se: (i) a subjetividade dos termos e a percepção individual de cada avaliador (Berg e Vennard, 1959) e (ii) a complexidade inerente a avaliar performances vocais, uma vez que a voz é o único instrumento musical cujas ressonâncias dependem diretamente da articulação (Lindblom e Sundberg, 2007) e dos diferentes estados emocionais (Wapnick e Ekholm, 1997). Desta forma, nos últimos anos assistiu-se a um interesse crescente pela realização de estudos que pudessem determinar parâmetros objetivos de avaliação que, de alguma forma, pudessem complementar a subjetividade dos parâmetros perceptuais normalmente utilizados.

Omori e colegas analisaram o espectro de potência de 37 cantores (profissionais e amadores) e de 20 não-cantores (grupo de controlo) para procurar o pico de harmónicos com maior energia entre os 2 e os 4 kHz, a que chamaram Singing Power Peak, SPP, e a razão entre o pico de harmónicos com maior energia entre os 2 e os 4 kHz (o SPP) e o pico de harmónicos com maior energia entre os 0 e os 2 kHz, denominado Singing Power Ratio, SPR, calculado e expresso em dB (Omori et al., 1996). A questão de investigação deste estudo prendia-se com encontrar parâmetros na análise espectral para avaliação quantitativa da qualidade da voz mais consistentes do que a “*formante do cantor*”⁸ (Omori et al., 1996).

Os autores construíram também um teste de percepção auditiva com excertos das gravações dos cantores, em que procuraram avaliar a *riqueza* e o *metal*⁹ das vozes, submetido a cinco professores de canto. Este teste de percepção auditiva foi dividido em três secções com três tipos de estímulos diferentes: (i) os excertos inalterados (gravações da vogal /a/ cantada numa

⁸ Segundo Sundberg, a *formante do cantor* é um pico de frequências que se verifica na curva envelope da análise espectral da voz cantada na proximidade dos 3 kHz. Este pico de frequências aglutina a terceira, a quarta e a quinta formante e apresenta maior intensidade do que estas. A *formante do cantor* verifica-se em todas as vozes treinadas para repertório lírico exceto sopranos (Sundberg, 1987).

⁹ “Rich” e “ring” no texto original (Omori et al., 1996, pp. 230).

frequência fundamental e amplitude confortáveis); (ii) excertos em que se reduziu a intensidade de todos os picos dos excertos da vogal /a/ entre os 2 e os 4 kHz em 12 dB; e (iii) excertos em que se reduziu a intensidade do SPP em 6, 12, 18 e 24 dB. Estas reduções refletiram-se em alterações do SPP e do SPR (Omori et al., 1996).

Da análise espectral de potência dos dados das gravações, os autores inferiram que o SPR é notoriamente maior em cantores do que não-cantores; a frequência do SPP está intimamente relacionada com a frequência fundamental e é mais alta nos sopranos do que nos outros tipos de vozes (Omori et al., 1996).

Depois, da análise dos resultados do teste de percepção auditiva, encontrou-se uma relação significativa entre o SPR e os valores de *metal* atribuídos aos estímulos. Verificou-se também que os estímulos cujos SPR e SPP não tinham sido alterados conseguiram melhores resultados na avaliação de *metal* e *riqueza* de voz (Omori et al., 1996).

Este estudo tem em comum com a presente tese a tentativa de aliar parâmetros perceptuais a parâmetros objetivos na classificação vocal. Todavia, os resultados encontrados dizem respeito à fonação da vogal /a/ numa tessitura e dinâmica confortáveis às vozes. Esta foi a solução encontrada para poderem incluir um grupo de controlo (os não cantores) no estudo, mas não tirou partido do potencial vocal inerente à performance de um trecho de canto clássico menos singelo, com o qual obteriam, possivelmente, resultados diferentes.

Ekholm, Papagiannis e Chagnon desenvolveram um estudo que procurou associar alguns critérios acústicos a critérios perceptuais utilizados para descrever qualidade vocal no âmbito do canto clássico ocidental e analisar em que medida esses critérios acústicos interferem nas percepções auditivas dos avaliadores (Ekholm et al., 1998). Os autores gravaram 16 cantores - quatro contratenores, sete tenores e cinco barítonos – durante a interpretação de um excerto de

uma ária de concerto de W. A. Mozart, na tessitura mais confortável a cada um, do qual se extraíram três segmentos com frequência e amplitude constantes, nas vogais /a/, /i/ e /o/, e procedeu-se à sua análise espectral. O excerto da ária que cada cantor interpretou foi utilizado para compor um teste de percepção auditiva, submetido a sete professores de canto: pediu-se que pontuassem, de 1 (fraco) a 7 (excelente), os critérios percetuais de qualidade vocal *cor/temperatura*, *ressonância/brilho*, *vibrato adequado* e *claridade/foco*¹⁰, além de se pedir que atribuíssem uma pontuação global à performance. Também se levaram a cabo exames laringoscópicos em alguns dos cantores da amostra (Ekholm et al., 1998).

Depois de determinarem a correlação entre as respostas dos testes de percepção auditiva e as análises espectrais, os autores chegaram a várias conclusões: (i) as pontuações atribuídas a todos os critérios percetuais, incluindo a performance global, apresentaram uma relação muito estreita com a pontuação atribuída ao critério *vibrato adequado*: baixas pontuações para o *vibrato adequado* encontraram, de uma forma geral, baixas pontuações nos restantes critérios, e vice-versa; (ii) verificou-se uma correlação positiva entre as pontuações para o parâmetro *cor/temperatura* e a energia do espectro na “*formante do cantor*” - quanto mais elevada a pontuação deste parâmetro, maior energia apresentava a “*formante do cantor*” - e, no caso dos barítonos, a frequência média das formantes das vogais. A pontuação dos barítonos neste critério foi claramente superior à dos outros tipos de vozes; (iii) concluiu-se também que a “*formante do cantor*” tem frequências diferentes consoante cada tipo de voz, o que vai de encontro a estudos anteriores (Dmitriev e Kiselev, 1979); (iv) outra correlação encontrada foi entre o parâmetro *ressonância/brilho* e a energia da banda de frequências da “*formante do cantor*”: quanto maior intensidade, maior a pontuação atribuída ao brilho vocal; (v) a correlação entre os parâmetros *claridade/foco* e *ressonância/brilho* revelou-se ser extremamente alta, e verificou-se que a média das frequências das formantes das vogais influencia positivamente a pontuação deste último

¹⁰ “Color/warmth”, “resonance/ring”, “appropriate vibrato” e “clarity/focus” no texto original (Ekholm et al. 1998, pp. 183).

parâmetro; (vi) apesar do critério *precisão de afinação* não ter sido avaliado, este pareceu estar inevitavelmente relacionado com a qualidade vocal e não apenas com a qualidade de execução técnica (Ekholm et al., 1998). Destes resultados pode concluir-se que a qualidade vocal de um cantor clássico do sexo masculino é inerente a um vibrato com uma extensão e frequência adequadas, uma *“formante do cantor”* desenvolvida e apropriada à classificação vocal e uma afinação precisa.

Este estudo, contudo, seria muito mais exaustivo se não se tivesse cingido a quatro parâmetros perceptuais para avaliar o timbre, uma vez que a caracterização de uma voz se compõe por muitos mais parâmetros. Desta forma, os resultados nos parâmetros acústicos poderão não corresponder necessariamente às relações entre parâmetros perceptuais que os autores encontraram. Além disso, a configuração das formantes, e portanto, da energia espectral, é diferente para os dois géneros, veja-se o caso da *“formante do cantor”* (Sundberg, 1987). Será que as relações encontradas se aplicam também a cantoras?

Erickson desenvolveu um estudo para inquirir os parâmetros acústicos inerentes à distinção perceptual do timbre de diferentes categorias vocais (Erickson, 2003). A autora gravou duas sopranos e duas mezzo-sopranos a cantar a vogal /a/ em várias notas predeterminadas, criando assim estímulos auditivos para um teste de avaliação perceptual. Este foi submetido a dois grupos de avaliadores: um grupo de avaliadores experientes, sem interesse nem experiências relacionadas com o canto clássico, e um grupo de avaliadores experientes, cantores clássicos, para que classificassem quão similarmente percecionavam os estímulos (Erickson, 2003).

Os resultados dos testes de percepção auditiva mostraram que os parâmetros objetivos que distinguem a percepção das qualidades tímbricas das duas categorias vocais do estudo são a frequência de fonação e o pico de energia espectral entre os 2 e os 5 kHz. Para o grupo de avaliadores experientes, encontrou-se um terceiro parâmetro objetivo: a amplitude do vibrato.

Não foi encontrada relação entre a percepção da qualidade tímbrica e o parâmetro da predominância da frequência fundamental relativamente ao segundo parcial harmónico ($H1-H2$)_{LTAS}¹¹ (Erickson, 2003).

Este trabalho é preponderante para o estudo das relações entre parâmetros subjetivos e parâmetros objetivos na classificação vocal, pois sugere a constituição de um modelo de classificação vocal que junte classificações perceptuais e classificações baseadas em parâmetros acústicos de análise vocal. Contudo, pode-se especular que a inclusão de outros tipos de parâmetros, como os fisiológicos e os aerodinâmicos, poderia promover a precisão deste estudo, uma vez que as subclasses existentes dentro de cada categoria vocal podem ser explicadas através destes parâmetros objetivos. A tarefa vocal escolhida pareceu ser a adequada para a criação de um teste de comparação de estímulos, no sentido em que revela o propósito deste estudo de discriminar parâmetros acústicos inerentes à produção vocal do canto independentemente dos estímulos perceptuais.

Noutro trabalho, a mesma autora investigou também em que medida as frequências da terceira e da quarta formante (F3 e F4) contribuem para a percepção das categorias vocais femininas, conjugando as frequências das formantes com a frequência fundamental da fonação (Erickson, 2004). Neste estudo também se testou a interação entre a frequência das formantes e a abertura da mandíbula.

Erickson desenhou um teste de percepção auditiva cujos estímulos foram criados artificialmente. Destes estímulos, que reproduziam a vogal /a/, uma parte recriava a configuração de formantes habitualmente encontradas em sopranos e mezzo-sopranos, outra parte misturava no mesmo estímulo frequências das formantes F1 e F2 de soprano com F3 e F4 de mezzo-soprano e vice-versa. Submeteu-se o teste a dois grupos de avaliadores: um grupo experiente a classificar vozes

¹¹ Este parâmetro será explicado no Capítulo 4, na secção 4.5.6., “Parâmetros acústicos, fisiológicos e aerodinâmicos”.

de canto clássico e outro grupo sem experiência relacionada com canto clássico. Na primeira parte do teste de percepção auditiva, para todos os estímulos, os avaliadores foram instruídos para os classificarem de mezzo-soprano ou soprano e depois, numa escala visual analógica, assinalarem o nível da convicção da sua decisão entre “nada convicto” e “absolutamente convicto”. Na segunda parte, os avaliadores assinalaram noutra escala visual analógica se a voz do estímulo que ouviam correspondia a uma boca entreaberta ou a uma boca totalmente aberta (Erickson, 2004).

Erickson concluiu que a percepção da categoria vocal é influenciada pela frequência das formantes e pela frequência fundamental de fonação, apesar de haver avaliadores capazes de classificar vozes independentemente da frequência de fonação vigente e outros não. Deduziu-se também que os avaliadores tiveram maior dificuldade em classificar os estímulos quando as frequências das duas primeiras formantes pertenciam a um tipo de voz diferente das frequências de F3 e F4, apesar de terem sido capazes de dar uma opinião sobre a posição da mandíbula (Erickson, 2004).

Este estudo propõe, então, que a avaliação perceptual da classificação de sopranos e mezzo-sopranos se pode reger atendendo à configuração da frequência das primeiras quatro formantes das duas categorias vocais. Sendo assim, se essa configuração é suficientemente distinta para que se façam avaliações perceptuais entre as duas categorias de vozes, pode-se especular que exista uma configuração espectral própria para cada subclasse vocal.

Johnson e Kempster exploraram a validade da média da análise espectrográfica de longa duração, média de LTAS¹², como parâmetro para classificação vocal, procurando a relação entre a LTAS e a classificação das três categorias de vozes masculinas: tenores, barítonos e baixos (Johnson e Kempster, 2011). Para isso, recrutaram nove cantores, que cantaram o hino nacional norte-americano na tessitura mais confortável para cada um e calcularam a média de LTAS para

¹² Encontra-se a descrição da análise média espectrográfica de longa duração no Capítulo 4, na secção 4.5.6., “Parâmetros acústicos, fisiológicos e aerodinâmicos”.

as duas primeiras frases do hino, para o restante do hino e para a totalidade do hino, comparando os resultados com os que Cleveland apresentou num estudo prévio (Cleveland, 1977b). Os autores encontraram a correlação entre a média de LTAS e a categoria vocal mais forte na totalidade do hino: a média de LTAS dos baixos apresenta valores mais baixos do que os barítonos e estes, por sua vez, valores médios de LTAS mais baixos do que os tenores, mas em nenhuma das circunstâncias em que se procedeu à média de LTAS se encontrou uma correlação tão elevada como a encontrada por Cleveland. Os autores detetaram também uma nota central da tessitura dos cantores e encontraram uma correlação entre esta e a classificação vocal dos cantores: Ré3 (147 Hz) para os baixos, Sol3 (196 Hz) para os barítonos e Dó4 (262 Hz) para os tenores, tal como Cleveland.

Os autores sugerem que a média de LTAS pode servir como ferramenta para um sistema de classificação vocal, desde que a amostra respeite algumas condições relacionadas com a duração, conteúdo de vogais e as zonas da tessitura percorridas. Segundo os autores, a extensão vocal será um forte indicador da categoria vocal, e a qualidade vocal (o timbre), um indicador da subclasse do cantor. A média de LTAS pode ser indicadora da categoria vocal (Johnson e Kempster, 2011), e a própria configuração das frequências das formantes na LTAS (Cleveland, 1977a, Sundberg, 2001) refletirá eventualmente a subclasse do cantor, o que parece à autora ter sido o passo que faltou a este estudo apresentado pelos autores.

Dado que a peça escolhida para os cantores, que eram cantores clássicos, não era uma peça do repertório operístico, talvez os resultados tivessem sido mais robustos se a peça tivesse sido escolhida em consonância com o repertório habitual para este tipo de intérprete.

Roers, Mürbe e Sundberg apresentaram um conjunto de estudos em que averiguaram a ligação entre algumas medidas anatómicas e a classificação vocal (Roers et al., 2009a, Roers et al., 2009b). Para tal, os autores analisaram uma série de imagens de raios-X do trato vocal de alunos universitários de Canto. Os autores encontraram relações estreitas entre a estimativa do tamanho das pregas vocais e (i) a distância entre o ponto mais anterior da cartilagem tiroideia e o ponto mais anterior da vértebra mais próxima; (ii) o diâmetro do contorno subglótico um centímetro abaixo do ponto laríngeo com maior diâmetro. Estas relações também se aplicaram à categoria vocal dos cantores, de uma forma geral: das sopranos para os baixos, a estimativa do tamanho das pregas vocais apresenta valores crescentes (Roers et al., 2009a). No segundo estudo, os autores descobriram que, de uma forma geral, cantores com categorias vocais diferentes

apresentam tamanhos de tratos vocais, comprimentos de cavidades faríngeas e alturas diferentes (da soprano para o baixo, estes parâmetros vão aumentando de tamanho) (Roers et al., 2009b).

Estes dois artigos sugerem que a classificação vocal é largamente dependente da configuração anatômica e morfológica corporal. A partir daí, é fácil especular que as subclasses vocais possam ser inerentes a características fisiológicas ou aerodinâmicas do aparelho vocal como, por exemplo, os limiares mínimos de pressão de fonação e de colisão ou a resistência glótica, uma vez que o som é resultante da interação entre a fonte e o filtro (Fant, 1960 citado em Sundberg, 1987).

Numa comunicação pessoal, a autora teve ainda acesso a um dos últimos estudos que o Professor Johan Sundberg tem desenvolvido, cuja questão de investigação residia na procura de diferenças nos parâmetros fisiológicos da fonação de sopranos. Para tal, Sundberg gravou um conjunto de sopranos e analisou os sinais de pressão subglótica. A tarefa utilizada para recolha deste parâmetro constituía na repetição da sílaba /pa/ em diminuendos em diferentes frequências. Os resultados indicaram que a pressão subglótica é maior em sopranos dramáticos do que em sopranos líricos.

Este estudo apresenta resultados que apontam para a possibilidade da pressão subglótica ser um parâmetro indicador das subclasses vocais. Todavia, o estudo debruçou-se apenas sobre duas subclasses: sopranos líricos e dramáticos. Posto isto, este estudo abre caminho para que se desenvolvam mais trabalhos científicos que se debrucem sobre a relação das subclasses vocais com parâmetros objetivos relacionados com a pressão subglótica, tais como PTP, CTP ou a resistência glótica, por exemplo.

3.3. CONCLUSÃO

Neste capítulo realizou-se uma revisão crítica de estudos científicos representativos da investigação que se tem desenvolvido na temática da classificação vocal e de possíveis parâmetros objetivos que poderão ser tidos em conta numa avaliação vocal. Verifica-se a associação de parâmetros acústicos à classificação vocal ao longo dos artigos. A exceção prende-se com os últimos artigos apresentados, que fundamentam a categoria vocal em fatores anatómicos como o comprimento das pregas vocais e o tamanho das pregas vocais e na pressão subglótica. É de notar a inexistência de artigos que se debrucem sobre a classificação vocal e a articulação desta com parâmetros objetivos como o PTP e o CTP (parâmetros fisiológicos) ou a

resistência glótica (parâmetro aerodinâmico). Para além da investigação que Sundberg realizou, também não foram ainda apresentados outros estudos sobre as subclasses vocais e parâmetros objetivos, considerações a que se presta este trabalho.

Num trabalho sobre cantores clássicos, poderá fazer a diferença recorrer a tarefas vocais que se aproximem das tarefas habituais e do repertório que estes cantem, para corromper o menos possível as condições de fonação a que os indivíduos da amostra estão habituados. A utilização de tarefas vocais como cantar hinos nacionais ou cantar a vogal /a/ é justificada quando existe um grupo de não-cantores como grupo de controlo, por forma a propor tarefas vocais exequíveis pelos dois grupos. Contudo, na presença de amostras em que todos os elementos são cantores clássicos, parece mais adequado utilizar repertório clássico ou vocalizos típicos da técnica clássica para que os dados recolhidos sejam o mais autênticos possível.

As vozes clássicas permitem-se várias categorias, subclasses e diferenças entre si, resultando numa heterogeneidade elevada. Esta característica do instrumento vocal releva, portanto, um número elevado de sujeitos nas amostras de estudos que se debruçam sobre o canto clássico para representar o mais fielmente possível as variações existentes. Dos estudos apresentados, o que apresenta um número de participantes mais adequado será o de Omori e co-autores, que emprega 37 cantores profissionais e amadores, para além dos 20 não-cantores (Omori et al., 1996).

Relembrando os objetivos, esta tese propõe-se a criar um modelo de atribuição de subclasses vocais de sopranos que agregue avaliações percetuais a avaliações quantitativas, referentes a parâmetros acústicos, aerodinâmicos e fisiológicos. Nenhum dos estudos apresentados expõe resultados aptos a responder aos objetivos a que se propõe este trabalho, mas levantam pistas que podem apontar para a sua resolução: (i) podem encontrar-se dados acústicos na análise LTAS que apoiem a atribuição de subclasses vocais; (ii) uma vez que as

categorias vocais apresentam diferentes medidas anatómicas, as subclasses vocais podem estar relacionadas com parâmetros fisiológicos e aerodinâmicos inerentes a essas medidas anatómicas, tais como o PTP, o CTP e a resistência glótica¹³; (iii) a utilização de um teste de percepção auditiva deverá ser cuidadosamente planeada para não se tornar num instrumento contraproducente. Vários estudos envidaram esforços com o intuito de diminuir a discrepância verificada na terminologia utilizada no canto clássico por professores de canto e cantores, cientistas e profissionais da Saúde relacionados com a Ciência Vocal (Henrich et al., 2008, Shrivastav e Wingate, 2008). Esta discrepância na terminologia usada no canto e para descrever diferentes qualidades vocais é mais um dos obstáculos que promove a ineficiência dos sistemas de classificação vocal vigentes, baseados em parâmetros perceptuais.

No próximo capítulo será apresentado o desenho do estudo e os métodos utilizados para responder à hipótese posta por este trabalho.

¹³ Estes parâmetros serão descritos no Capítulo 4, na secção 4.5.6., “Parâmetros acústicos, fisiológicos e aerodinâmicos”.

CAPÍTULO 4: MÉTODOS

4. MÉTODOS

4.1. INTRODUÇÃO

Conforme apresentado na secção introdutória, esta investigação procura propor um modelo fidedigno de atribuição de subclasses vocais, i.e. que relacione parâmetros objetivos aos resultados de uma avaliação perceptual auditiva, realizada por um painel de especialistas em canto clássico, base da avaliação comumente utilizada pelos sistemas de classificação vocal vigentes. Neste capítulo serão descritos os procedimentos para a recolha e análise de dados que permitirá a construção de tal modelo.

4.2. DESENHO DO ESTUDO

Optou-se por escolher um desenho de estudo que fosse analítico, observacional e transversal (Haddad, 2004). As razões desta escolha prendem-se com o facto de se procurarem encontrar quais os parâmetros acústicos, fisiológicos e aerodinâmicos que poderão prever uma subclasse perceptual auditiva para um grupo de sopranos num dado período do seu desenvolvimento vocal. Para tal, este estudo foi dividido em três etapas. A primeira parte deste estudo consistiu na criação de uma base de dados com gravações multicanal de diferentes tipos de sopranos. Esta base de dados permitiu o desenvolvimento da segunda parte deste estudo: (i) a realização de testes perceptuais auditivos, a fim de serem identificadas perceptualmente as subclasses vocais das participantes; (ii) a análise de parâmetros acústicos, fisiológicos e aerodinâmicos dessas subclasses. Na terceira e última parte deste estudo, procedeu-se à triangulação de todos os resultados obtidos, i.e. perceptuais, acústicos, fisiológicos e aerodinâmicos, de forma a encontrar um modelo que melhor pudesse prever os resultados da avaliação perceptual. Na Tabela 7 encontra-se representado um resumo do desenho deste estudo.

Tabela 7. Representação esquemática do desenho de estudo utilizado para este projeto de investigação.

Fase do estudo	Recolha de dados	Análise de dados	Elementos avaliados
Fase 1: Construção da base de dados (n=11 sopranos)	Gravações multicanal com um equipamento híbrido de: 1. Ária de ópera (i) cantada com o texto original e (ii) substituindo o texto pela sílaba /pa/; 2. Repetições da sílaba /pa/ cantada em diminuendos em diferentes notas.	Parâmetros acústicos, fisiológicos e aerodinâmicos.	Espectrografia de longa duração, média espectrográfica, dominância da fundamental relativamente ao 2º harmónico, intensidade sonora equivalente, parâmetro alfa; limiar mínimo de pressão de fonação e de colisão; resistência glótica.
Fase 2: Realização de um teste perceptual auditivo (n = 19 professores de canto)	Testes perceptuais auditivos utilizando uma escala visual analógica.	Classificação perceptual das subclasses vocais dos sopranos interpretando a ária de ópera conforme o original (i.e., com texto).	Atribuição de uma classificação a cada soprano, entre os extremos de uma escala contínua entre soprano ligeiro e soprano dramático.
Fase 3: Construção do modelo	Processamento dos dados obtidos das fases 1 e 2 do estudo.	Análise de regressão múltipla <i>stepwise</i> .	Previsão dos resultados obtidos da classificação perceptual realizada na fase 2 do estudo.

4.3. PARTICIPANTES E RECRUTAMENTO

Para a criação da base de dados deste estudo, foram contactadas, no total, quinze sopranos. Os critérios de inclusão (baseados nas recomendações encontradas em estudos anteriores (Erickson, 2003, Johnson e Kempster, 2011, Solomon e DiMattia, 2000)) incluíram: (i) interpretar repertório de concerto adequado à classificação de soprano; (ii) frequentar aulas de canto há mais de 5 anos; (iii) não fumar; e (iv) não possuir sintomatologia associada a distúrbios vocais. O nível de proficiência não constitui um critério de inclusão pois pretendia-se verificar a validade do modelo para diferentes níveis, de forma a que, no futuro, possa ser aplicado em contextos pedagógicos.

O recrutamento foi efetuado através de contacto pessoal ou telefónico com cada uma das potenciais participantes, de forma a possibilitar uma explicação mais detalhada sobre as implicações da sua possível participação. Das 15 sopranos inicialmente contactadas, apenas 11 demonstraram disponibilidade para participar neste estudo: (i) cinco estudantes da Licenciatura e do Mestrado em Música, vertente de Canto, da Universidade de Aveiro; (ii) cinco professoras de

Canto e cantoras profissionais; e (iii) uma cantora profissional, também professora de outro instrumento musical mas não Canto.

Com o propósito de obter um perfil mais detalhado sobre cada participante, procedeu-se à recolha da seguinte informação, em formato de questionário, baseada nos parâmetros de avaliação anteriormente propostos (Chaffin e Lemieux, 2004, Shrivastav e Wingate, 2008) : (i) nome; (ii) idade; (iii) número de anos de experiência na participação como solista em concertos/ audições/ competições públicas; (iv) início da formação vocal como cantora clássica; (v) professores com que estuda atualmente e/ou estudou; (vi) a subclasse de soprano com que se identifica mais vocalmente; (vii) características de repertório que levantam maior dificuldade interpretativa (incluindo execução técnica); (viii) características de repertório que apresentam maior facilidade de execução; (ix) ingestão de medicamentos; (x) intervenções cirúrgicas passadas que possam interferir com o estado normal das pregas vocais. Este questionário encontra-se disponível no Apêndice “Questionário para caracterização da amostra de cantoras” desta tese. O perfil individual das participantes será discutido no capítulo dos Resultados.

Para a realização dos testes perceptuais auditivos foram recrutados 28 cantores e professores de canto, portugueses e estrangeiros. Todos os avaliadores foram contactados pessoalmente, por telefone ou por e-mail. Desta forma, puderam ser explicados os objetivos deste estudo e os procedimentos no preenchimento do questionário que vinha anexado ao ficheiro áudio, materiais que constituem o teste perceptual auditivo. Dos 28 cantores contactados, apenas 19, maioritariamente avaliadores femininos (n = 11) completaram o teste. Procurou-se traçar um perfil de cada avaliador, incluindo questões relativas a: (i) género; (ii) idade; (iii) atividade profissional principal atual; (iv) anos de atividade profissional; (v) formação académica; (vi) tempo de audição de gravações de cantores líricos; (vii) frequência de assistência a concertos de canto clássico por ano. As respostas a este questionário e os resultados do teste de avaliação perceptual serão apresentados no Capítulo 5 desta tese.

4.4. MATERIAIS

Para a gravação de parâmetros vocais que permitissem uma avaliação perceptual, acústica e fisiológica e aerodinâmica da voz de cada participante, utilizou-se um equipamento híbrido, composto por uma combinação entre um microprocessador digital laringográfico (ou mais conhecido por laringógrafo, produzido por Laryngograph Ltd, UK) e uma interface de um computador MS-110 produzido por Glottal Enterprises (Syracuse, Nova Iorque). Este equipamento

foi particularmente escolhido pois permite a gravação simultânea dos quatro canais que ilustram a participação de diferentes parâmetros fisiológicos determinantes do resultado acústico final, de acordo com a teoria da produção vocal da fonte-filtro, “*voice source filter interaction theory*” (Fant, 1960 citado em Sundberg, 1987).

De acordo com esta teoria, a voz é o produto final de uma filtragem do espectro primário do som, que é produzido pela vibração das pregas vocais à passagem do ar transglótico. Essa filtragem é realizada por parte das frequências de ressonância do trato vocal, as formantes. A Figura 2 representa esta teoria esquematicamente. Entende-se desta figura que o som irradiado, ou som final, corresponde à filtragem de um som primário (ar transglótico pulsado) pelas ressonâncias do trato vocal. O resultado é um espectro modificado, em que, ao contrário do espectro primário, que apresenta uma diminuição progressiva da intensidade dos parciais harmônicos da frequência fundamental (F0) à medida que a frequência aumenta, o espectro final apresenta picos de intensidade correspondentes aos parciais harmônicos que foram energizados pela proximidade de uma formante (Sundberg et al., 2011).

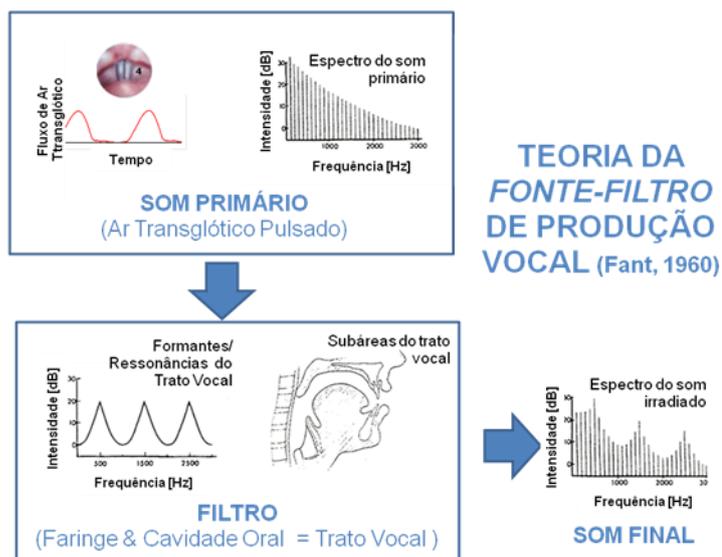


Figura 2. Representação esquemática da Teoria de Fonte-Filtro de Produção Vocal. O som primário, ou fluxo de ar transglótico, possui um espectro cujos parciais harmônicos diminuem de intensidade à medida que se afastam da F0. Este som primário é modificado de acordo com as ressonâncias do trato vocal, que exercem um efeito de filtro, reduzindo alguns dos parciais harmônicos e salientando outros, de forma que o espectro do som irradiado possui parciais harmônicos mais intensos que outros, independentemente das suas frequências (adaptado de Lã, 2012, Apresentação Pessoal – Unidade Curricular de Pedagogia Específica do Instrumento/Canto, Universidade de Aveiro).

O equipamento híbrido anteriormente referido permite efetuar a gravação: (i) do fluxo de ar transglótico pulsado (ou som primário), através de um transdutor e recorrendo ao uso de uma

máscara de fluxo (Rothenberg, 1977); (ii) do contacto das pregas vocais resultante da sua vibração à passagem desse ar, recorrendo à técnica de eletrolaringografia (Abberton et al., 1989); (iii) do som produzido, através do uso de um microfone Knowles EK3132, do tipo condensador omnidirecional, com uma resposta plana numa extensa banda de frequências (ver Figura 3).

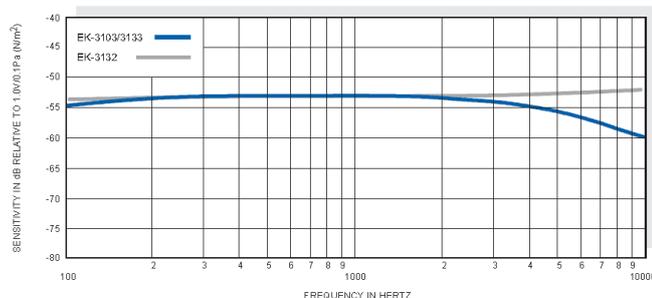


Figura 3. Representação esquemática da resposta relativamente plana do microfone condensador omnidirecional Knowles EK3132 num intervalo de frequências entre 100 a 10000 Hz (curva a cinzento). Este tipo de resposta é importante pois permite a captação de elevadas intensidades em frequências mais agudas sem causar distorção sonora (Svec e Granqvist, 2010).

Este equipamento possibilita ainda a gravação de um quarto canal, correspondente à pressão subglótica. Estudos prévios demonstraram que a medida de pressão intraoral durante a oclusão da consoante /p/, desde que efetuado seguindo normas metodológicas estandardizadas, constitui uma estimativa robusta da medida de pressão subglótica, P_{sub} (Solomon, 2011). Assim, através de um pequeno tubo de plástico inserido na máscara de Rothenberg ligado a um transdutor de pressão e do outro lado colocado no canto da boca da cantora, poder-se-á calcular a pressão intraoral durante a oclusão da consoante /p/. Esta constituiu uma forma estandardizada de calcular a P_{sub} (Enflo et al., 2009, Rothenberg, 1982, Verdolini-Marston et al., 1990), i.e., “a sobrepressão de ar que existe nos pulmões” (citado em Sundberg, 1987: pp. 25)¹⁴. Na Figura 4 são

¹⁴ “The only thing the vocal folds require from the respiratory mechanism is that it provide an overpressure or air in the lungs, which we will henceforth refer to as a subglottic pressure.” (in Sundberg 1987, pp.25).

apresentados todos os materiais utilizados nas gravações, inclusive o material necessário à calibração das gravações, conforme descrito na secção que se segue.

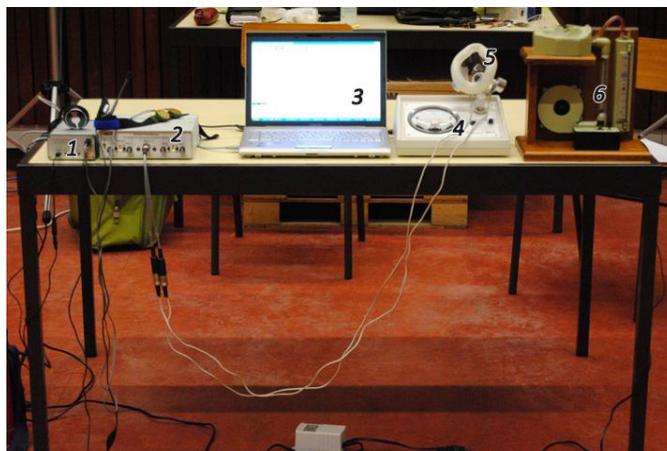


Figura 4. (1) Microprocessador digital laringográfico, (2) interface de um computador MS-110, (3) PC com software Speech Studio, (4) dispositivo de calibração de pressão, (5) máscara de fluxo de Rothenberg e (6) sistema de ventoinha para calibração (imagem arquivada durante a recolha de dados).

4.5. PROCEDIMENTOS

4.5.1. Criação da base de dados

Em cada sessão de recolha de dados utilizou-se o *software* de gravação *Speech Studio* (Laryngograph, U.K.), com uma frequência de amostragem de 16 kHz. Os quatro canais gravados com este *software* foram digitalizados e enviados através de uma ligação USB para o computador portátil, pelo que os sinais áudio, ELG, pressão e fluxo de ar foram recolhidos e guardados para posterior análise como ficheiros WAV. A Figura 5 representa esquematicamente o tipo de *display* fornecido por este *software*, apresentando, neste caso particular, a gravação de um diminuendo cantado numa mesma nota em legato e utilizando a sílaba /pa/.

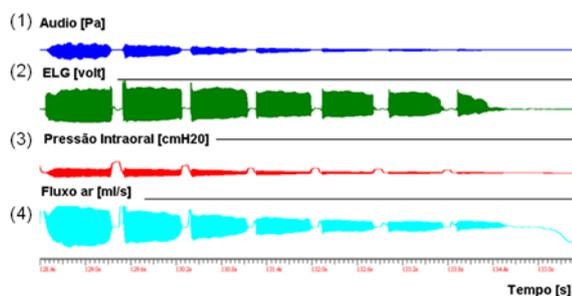


Figura 5. Display apresentado pelo software de gravação SpeechStudio (Laryngograph,, Ltd.) da gravação em quatro canais durante a performance de um diminuendo, cantado na mesma frequência, utilizando a sílaba /pa/. (1) Sinal áudio; (2) Sinal eletrolaringográfico; (3) Pressão Intraoral; e (4) Fluxo de ar transglótico.

Na Figura 5 observam-se os seguintes sinais: (1) áudio; (2) eletrolaringográfico (ELG); (3) pressão intraoral durante a oclusão da sílaba /pa/; e (4) o fluxo de ar transglótico.

Para cada gravação, foram repetidos os seguintes procedimentos: (i) calibrações do microfone, da pressão e do fluxo de ar; (ii) teste de gravação, a fim de verificar se todos os canais estavam a ser captados e monitorizar o sinal de microfone de forma a não apresentar sinais de distorção; (iii) medição da distância do microfone à boca do participante; (iv) gravação das tarefas vocais.

4.5.2. Calibração

No início de cada gravação, procedeu-se à calibração do equipamento. Para a calibração do microfone, utilizou-se um som sinusoidal cuja intensidade sonora foi medida através de um medidor de nível de pressão sonora. Este valor foi registado na gravação. Os canais de fluxo de ar e de pressão foram calibrados utilizando um calibrador constituído por uma ventoinha, providenciado pela companhia Glottal Enterprises. O sinal de eletrolaringografia (ELG) não carece de calibração (Lã e Sundberg, 2012).

4.5.3. Medição da distância do microfone

Para garantir que a distância do microfone fosse mantida ao longo de toda a gravação, o microfone encontrava-se suspenso num *headset*. A distância do microfone à boca foi registada no início de cada gravação para cada participante, após se terem ajustado os níveis de gravação, pois estes dados seriam necessários às análises acústicas da voz. Uma outra atenção especial foi tida com a recolha de dados referentes à medição da pressão intraoral. As participantes foram alertadas para, durante as tarefas vocais, terem o cuidado de não tocar com a língua no tubo de plástico utilizado para determinar a pressão intraoral, evitando assim a acumulação de saliva, fator que tem sido previamente identificado como diminuidor da acuidade dos dados recolhidos (Solomon, 2011). Tendo em conta que as características físicas de cada cantora eram bastante diferentes (umas possuíam um pescoço fino e outras um pescoço mais largo) e que uma das grandes limitações da eletrolaringografia é precisamente o facto de que as variações na impedância captadas pelos elétrodos representam apenas 1% a 2% das variações de impedância produzidas pelas pregas vocais (Baken e Orlikoff, 1987), nem sempre foi fácil recolher um sinal de ELG fidedigno. Nestes casos, utilizou-se gel de contacto para aumentar a condutância entre os

elétrodos e assim obter um sinal que permitisse a monitorização do padrão de vibração das pregas vocais. A máscara de Rothenberg foi desinfetada no final de cada utilização e o tubo de plástico substituído (Baken e Orlikoff, 1987).

4.5.4. Tarefas vocais e respetivos parâmetros

Tal como referido anteriormente, foram realizadas diferentes tarefas vocais a fim de se analisarem três tipos de parâmetros correspondentes a diferentes aspetos determinantes da qualidade vocal: acústicos, fisiológicos e aerodinâmicos. Uma das tarefas vocais envolveu a interpretação da ária de ópera “O mio babbino caro”, da ópera *Gianni Schicchi*, de Giacomo Puccini, de duas formas distintas – cantada com a letra (tal e qual o original) e substituindo a letra pela sílaba /pa/, para que cada nota da ária fosse iniciada com a consoante plosiva /p/. Estas duas formas de interpretação da ária de ópera foram gravadas a fim de proporcionarem dados para a realização do teste percetual auditivo e para a caracterização acústica e aerodinâmica das vozes, respetivamente. Uma outra tarefa vocal consistiu na performance de um diminuendo, sustendo a mesma nota, utilizando seis repetições da sílaba /pa/ em *legato*. Esta tarefa vocal foi solicitada pois permite a determinação de parâmetros fisiológicos relacionados com a pressão subglótica e mobilidade das pregas vocais (Lã e Sundberg, 2012). As frequências em que esta tarefa vocal foi realizada foram 294 Hz (Ré4), 349 Hz (Fá4), 415 Hz (Láb4), 494 Hz (Si4), 587 Hz (Ré5), 699 Hz (Fá5) e 831 Hz (Láb5). Na Tabela 8 estão discriminadas as tarefas vocais e parâmetros que se procurou obter com cada uma. Todas as tarefas vocais foram gravadas tendo em conta que as cantoras tinham já realizado exercícios de aquecimento vocal.

Para as tarefas vocais em que se cantou a ária (com o texto original ou com outras sílabas a substituí-lo) dispunha-se de uma faixa com o acompanhamento de piano, gravado no Grande Auditório do Conservatório do Porto recorrendo a um gravador Philips Voice Tracer LFH0662. As sopranos ouviam a faixa com um dos auriculares de origem de um reproduzidor de ficheiros mp3 iPod Touch. Esta faixa servia como guia para as sopranos terem todas as mesmas condições de afinação e de andamento de cada vez que se efetuava uma nova gravação. Para as tarefas vocais em que não se cantava a ária, dispunha-se de um piano na sala para indicar as frequências de referência necessárias à tarefa vocal. As sopranos tinham ainda acesso a uma estante e uma partitura da ária. A Figura 6 constitui um exemplo da configuração de uma sessão de gravação.

Tabela 8. Tarefas vocais e respetivos parâmetros de função vocal e de avaliação vocal percetual medidos a partir de cada uma das tarefas. A ária de ópera referida é “O mio babbino caro”, da ópera Gianni Schicchi, de G. Puccini.

Tarefas Vocais	Parâmetros medidos
Interpretação da ária de ópera com o texto original, ouvindo o respetivo acompanhamento de piano num auricular.	Parâmetros acústicos e testes percetuais auditivos.
Interpretação da ária de ópera substituindo cada sílaba do texto original pela sílaba /pae/, enquanto a cantora ouve o respetivo acompanhamento de piano num auricular.	Parâmetros aerodinâmicos.
Realização de seis repetições da sílaba /pae/ em diminuendo e legato. Esta tarefa foi repetida para as notas: Ré4, Fá4, Lá4, Si4, Ré5, Fá5, Lá5. Durante a realização desta tarefa vocal, a cantora também preenchia um questionário de avaliação do nível de conforto sentido na realização da tarefa, para cada nota.	Parâmetros fisiológicos e determinação das zonas de tessitura mais confortáveis.



Figura 6. Sessão de gravação (imagem arquivada durante a recolha de dados).

Escolheu-se a ária *O mio babbino caro* por ser uma ária que reúne condições para que sopranos de vários *Fächer* a possam interpretar: é uma ária vulgarmente atribuída a sopranos líricos - que é um *Fach* central - (Kloiber et al., 2002, Legge, 2001, Miller, 2000).

As gravações áudio decorreram em seis datas diferentes, entre 16 de fevereiro de 2011 e 5 de maio de 2012, realizadas ou no Estúdio de Som do Departamento de Comunicação e Arte da Universidade de Aveiro (DeCA) ou na sala -1.08 - a Sala de Canto - do Conservatório de Música do Porto. A Tabela 9 faz uma representação esquemática das gravações realizadas, nomeadamente no que concerne à participante gravada (identificada com S e um número, de forma a garantir o anonimato, conforme o exigido pela ética de investigação com seres humanos), data e local de gravação. Como se poderá constatar da Tabela, algumas sessões de gravação tiveram que ser

repetidas, pois na análise dos dados constataram-se valores de fluxo de ar negativos, sinal de uma colocação incorreta da máscara de Rothenberg.

Tabela 9. Representação esquemática da organização das sessões de gravação.

Data	Local	Identificação das participantes
16 de fevereiro de 2011	DeCA	S3 e S4
2 de março de 2011	DeCA	S1, S2, S5 e S7.
21 de julho de 2011	CP	S6, S8, S9, S10 e S11.
16 de março de 2012	DeCA	S1, S2, S4 e S5.
2 de abril de 2012	CP	S6, S8 e S11.
5 de maio de 2012	DeCA	S9 e S10.

4.5.5. *Teste percetual auditivo*

Uma vez realizadas todas as gravações, procedeu-se à segunda fase do estudo, constituída por um teste percetual auditivo realizado utilizando uma escala visual analógica. Este tipo de teste foi particularmente escolhido tendo em conta que se trata de um procedimento estandardizado na avaliação percetual de vozes, que permite uma análise de dados mais aprofundados pois o tipo de dados obtidos será do tipo contínuo, permitindo qualquer resultado numa escala de 0 a 100mm (Lã e Sundberg, 2012, Stone Jr et al., 2003). O objetivo desta parte do estudo residia na identificação das subclasses vocais de cada participante utilizando o tipo de avaliação mais utilizado por profissionais responsáveis pela classificação de diferentes tipos de vozes de cantores (ex. professores de canto, agentes, maestros), i.e., parâmetros percetuais (Shrivastav e Wingate, 2008).

As gravações da ária de ópera, interpretadas conforme o original (i.e. com letra), forneceram os excertos que constituíram os estímulos auditivos do teste, nomeadamente “*Mi struggo e mi tormento! O dio, vorrei morir!*”. Um total de 22 estímulos (11 de cada participante e 11 replicações) foi distribuído de uma forma aleatória num ficheiro áudio, separados por uma pausa de 4 segundos. Cada excerto tinha uma duração aproximada de 19 segundos e a duração

total do teste foi de 8min37seg. O teste de percepção auditivo pode ser encontrado nos Apêndices desta tese.

Para a distribuição aleatória e duplamente cega (i.e. nem o investigador nem o participante conhecem a ordem dos estímulos no teste), foi utilizada a ferramenta Glue do programa Soundswell Signal Workstation. No final do estudo, o código automaticamente criado foi quebrado, permitindo a verificação da consistência dos avaliadores e a análise de dados.

Para além do ficheiro áudio, o teste auditivo fez-se acompanhar de um questionário, solicitando a avaliação de cada estímulo numa escala visual analógica (Shrivastav e Wingate, 2008) de 10 cm, conforme ilustrado na Figura 7. Nesta, cada avaliador foi solicitado para colocar uma marca vertical na zona indicativa da subclasse vocal. Assim, se o avaliador colocasse uma marca mais próxima do extremo esquerdo da linha, esse soprano aproximar-se-ia mais de uma subclassificação de “*Soprano Ligeiro*”, ao passo que se a marca fosse colocada no extremo do lado direito, seria mais do tipo “*Soprano Dramático*”. O questionário do teste está disponível no Apêndice “Questionário do teste de percepção auditiva” desta tese. Após a realização do teste, as marcas correspondentes às respostas dadas foram medidas e registradas para posterior análise estatística.

(Soprano ligeiro) _____ (Soprano dramático)

Figura 7. Escala análoga visual respeitante ao primeiro excerto.

O teste foi preenchido nas seguintes condições de audição para todos os avaliadores: (i) num local silencioso; (ii) audição utilizando auriculares; e (iii) audição de todo o teste seguido, à medida que se ia preenchendo o respetivo questionário, de forma a que cada estímulo fosse ouvido apenas uma única vez.

4.5.6. Parâmetros acústicos, fisiológicos e aerodinâmicos

A acompanhar os parâmetros percetuais, foram igualmente investigados parâmetros acústicos, fisiológicos e aerodinâmicos, de seguida descritos.

PARÂMETROS ACÚSTICOS

(i) A medida de **análise espectral de longa duração** (LTAS) foi escolhida como medida acústica de caracterização vocal porque LTAS processa a média da intensidade sonora de uma dada voz ao longo de um intervalo de tempo alargado, tipicamente entre 30 a 60 segundos, proporcionando assim uma visão global das características espectrais dessa voz (i.e. frequências e respectivas intensidades) (Johnson e Kempster, 2011). Além do mais, LTAS é uma forma simples e rápida de análise das características acústicas da voz (Sundberg e Nordenberg, 2006). Este tipo de análise pode ser realizado através do módulo *Line Spectrum*, disponível no software *Soundswell Signal Workstation*, versão 4.0 (HiTech Development, Solna, Sweden), utilizando uma janela de *Hanning*, com uma largura de banda de 400Hz e um intervalo de frequências entre 0 e 6000Hz. Cada LTAS foi copiado para um ficheiro Excel, de forma a que cada valor de intensidades pudesse ser transformado numa escala de amplitudes linear. Os dados de LTAS foram normalizados tendo em conta a distância da boca ao microfone para cada participante, bem como os valores gravados da sua calibração.

(ii) O **parâmetro alfa** (α), extraído da análise espectral de longa duração, é uma medida de equilíbrio espectral entre a intensidade das frequências mais agudas e mais graves. O seu cálculo é equivalente à razão entre a soma da energia acima dos 1000Hz (I_{HF}) e a soma da energia abaixo dos 1000Hz (I_{LF}) (Frøkjær-Jensen e Prytz, 1976, Sundberg e Nordenberg, 2006), conforme indicada na equação: $\alpha = I_{HF}/I_{LF} [dB]$. As amplitudes das frequências ≤ 1000 Hz foram somadas; procedeu-se de igual modo para as frequências ≥ 1000 Hz. A razão entre a soma logarítmica das frequências superiores e da soma logarítmica das frequências inferiores foi calculada, determinando assim o parâmetro alfa, expresso em decibéis [dB]. Os valores de α aumentam quando a intensidade das frequências harmónicas superiores é predominante relativamente à intensidade das frequências harmónicas inferiores. Este aumento de α corresponde a um aumento da **intensidade sonora equivalente (Leq)**, pois o aumento da intensidade vocal influi na curva de LTAS de forma a que as intensidades nas bandas de frequências entre 1500Hz e 3000Hz aumentam mais significativamente do que as intensidades nas bandas de frequências inferiores a 1500Hz (Nordenberg e Sundberg, 2004). Assim, depreende-se que Leq também poderá constituir um parâmetro válido para a classificação vocal. α permite ainda averiguar o tipo de fonação que o cantor está a utilizar (Kitzing, 1986).

(iii) A **intensidade sonora equivalente** (Leq), corresponde à média logarítmica (ao longo do tempo) da energia sonora total do sinal acústico (Lã e Sundberg, 2012). É uma medida que se

calcula através do módulo de *Histogram* disponível no *software Soundswell Signal Workstation*. Pode-se afirmar que um aumento da intensidade sonora ocorre graças a eventos a nível do som primário (i.e. no ar translótico). A intensidade do som produzido pela vibração das pregas vocais como consequência da passagem do ar depende da pressão subglótica usada, que por sua vez se reflete nos valores de Leq (Sundberg, 1987). Com o aumento de pressão subglótica, a onda glótica causada sofrerá uma maior amplitude, aumentando também o tempo em que a glote se encontra fechada (quociente de encerramento da glote). Ambos os fenómenos terão repercussão a nível da rapidez com que as pregas vocais contactam. Quando o fecho da glote é rápido, como seria neste caso, as amplitudes dos parciais harmónicos superiores do som tornam-se mais intensos, pois o ar translótico foi interrompido mais rapidamente, deste modo criando uma energia de excitação do trato vocal maior. Esta excitação rápida e mais significativa traduz-se precisamente no aumento da intensidade dos parciais harmónicos superiores do som do cantor.

(iv) A média de LTAS ($LTAS_{mean}$) corresponde à média dos três picos mais evidentes de LTAS. Esta medida foi utilizada em investigações anteriores para a determinação de parâmetros acústicos para a classificação de vozes masculinas (Johnson e Kempster, 2011), pelo que será importante verificar se resultados semelhantes serão obtidos para a classificação de vozes femininas. Os picos aqui utilizados corresponderam às bandas de frequências entre 700Hz e 900Hz, para o primeiro pico, 1000Hz e 2300Hz, para o segundo pico e 2875Hz e 4000Hz, para o terceiro pico. Estes picos foram escolhidos após a observação de LTAS para cada participante.

(v) Predominância da frequência fundamental relativamente ao segundo parcial harmónico, calculada a partir da análise espectral de longa duração $(H1-H2)_{LTAS}$ O tipo de fonação também poderá ser deduzido a partir do parâmetro que meça a predominância da frequência fundamental relativamente aos outros parciais harmónicos. Sabe-se que uma fundamental predominante relativamente aos outros parciais harmónicos corresponde a um tipo de fonação em que a adução é fraca (fonação soprosa); contrariamente, para uma fonação em que a adução é forte (fonação pressionada), a fundamental será fraca, por isso não predominante relativamente aos outros parciais harmónicos (Sundberg, 1987). Para o cálculo deste parâmetro, procede-se à extração dos valores das intensidades da F_0 e do primeiro harmónico da tarefa vocal analisada, através do módulo *Spectrum Section* do *software Soundswell Signal Workstation*, de forma a que se possa estimar o intervalo de frequências dessa mesma tarefa vocal. De seguida, procede-se ao cálculo da média de intensidades desse intervalo, e ao cálculo da média de intensidades correspondentes a um intervalo de frequências equivalente a $2xF_0$. A diferença entre estas médias corresponderá ao valor do parâmetro $(H1-H2)_{LTAS}$ (Lã e Sundberg, 2012).

PARÂMETROS FISIOLÓGICOS E AERODINÂMICOS

(i) A **pressão subglótica** (P_{sub}) corresponde à pressão de ar gerada nos pulmões que passa pelas pregas vocais aduzidas, causando a vibração da sua mucosa. É um parâmetro fundamental para o cantor: determina a intensidade vocal e é reflexo do esforço vocal (Sundberg, 1987). A P_{sub} poderá ser calculada como uma estimativa da pressão intraoral, durante a oclusão da consoante /p/. Se os picos de pressão causados se apresentarem estáveis durante todo o tempo da oclusão, então essa pressão intraoral providencia uma estimativa correta de pressão subglótica (Holmberg et al., 1987). Na Figura 8 apresenta-se a recolha de dados referentes a P_{sub} utilizando o *software Soundswell Signal Workstation*. O *software* permite a medição automática dos valores de pressão subglótica para cada pico representado, e assim um cálculo de P_{sub} para cada nota cantada com uma dada intensidade vocal. Verifica-se que, à medida que a intensidade vocal diminui, a intensidade dos quatro sinais representados também diminui, sendo que os últimos a diminuir completamente são os sinais de pressão intraoral e de fluxo de ar.

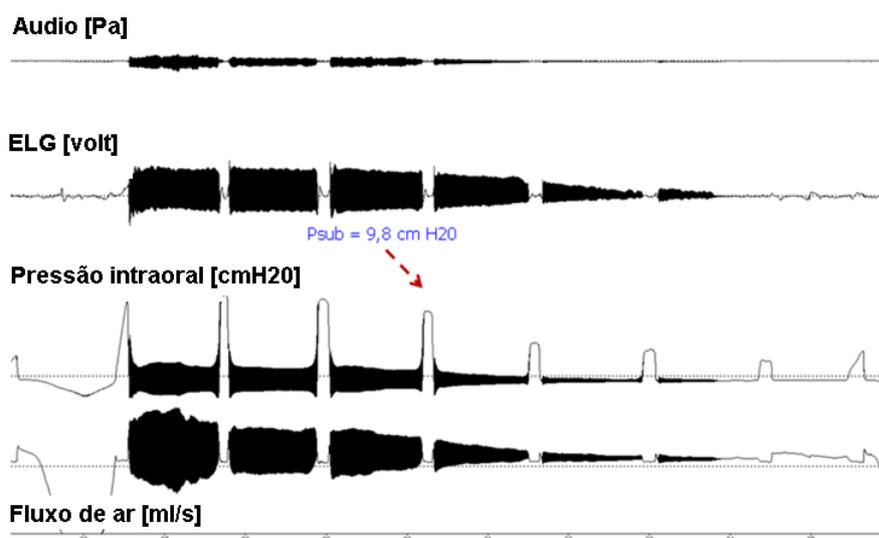


Figura 8. Representação esquemática do cálculo de P_{sub} , utilizando para tal uma estimativa da pressão intraoral (correspondente a cada pico) durante a repetição de um diminuendo cantado na mesma nota usando a sílaba /pa/.

(ii) O **limiar mínimo de pressão de fonação** (PTP) corresponde à pressão mínima necessária para iniciar a vibração das pregas vocais (sem necessariamente fazer com que estas colidam). Este parâmetro vocal tem sido associado a parâmetros fisiológicos e acústicos de produção vocal (Titze, 2009). Por exemplo, estudos demonstraram que pregas vocais mais espessas e um trato vocal mais inerte são fatores que contribuem para a diminuição deste parâmetro (Titze, 1988). Do

mesmo modo, maior abdução das pregas vocais, uma glote com configuração convergente, uma resistência supraglótica maior, uma maior viscosidade e uma amplitude de vibração das pregas vocais superior seriam fatores contribuintes para um aumento do limiar mínimo de pressão de fonação. Assim sendo, subentende-se que este parâmetro poderá estar relacionado com a mobilidade das pregas vocais: menor limiar poderá equivaler a uma maior mobilidade, ou, por outras palavras, uma maior mobilidade poderá estar associado a um esforço fonatório menor, para uma dada intensidade sonora (Titze, 2009). No domínio da saúde vocal, este parâmetro tem sido utilizado com bastante frequência no auxílio da determinação de patologias vocais; contudo, na área das práticas vocais artísticas, ainda constitui um parâmetro a ser explorado. O cálculo de PTP realiza-se com base no cálculo de P_{sub} , acima referido, tendo em conta que se calcula a média entre a última pressão que causou vibração das pregas vocais e a primeira pressão que já não causou vibração, evidenciado através dos sinais de ELG e de fluxo de ar (quando existe vibração mas sem existir colisão, o sinal ELG é inexistente enquanto que o sinal de fluxo de ar é mínimo). O cálculo de PTP também poderá ser realizado através de uma fórmula matemática, aplicável para diferentes frequências de fonação – $PTP = 0,14 + 0,60 * (F_0 / F_f)^2$, em que F_0 é a frequência de fonação e F_f é a frequência média utilizada na fala (120 Hz para o sexo masculino e 190 Hz para o sexo feminino) (Titze, 1992).

(ii) O **limiar mínimo de pressão de colisão (CTP)** é outra medida fortemente correlacionada com PTP (Lã e Sundberg, 2012) e igualmente dependente do cálculo de P_{sub} (Enflo e Sundberg, 2009). Este parâmetro corresponde à média entre a última pressão que causou colisão das pregas vocais e a primeira pressão que já não causou colisão, evidenciado através do sinal de ELG (quando deixa de existir colisão, ocorre uma diminuição dramática do sinal de ELG). O CTP é também um parâmetro que poderá traduzir a mobilidade das pregas vocais, no entanto talvez ainda mais robusto que o PTP, uma vez que o seu cálculo não depende de uma fonação extremamente suave em que não existe vibração: para calcular o PTP, é necessário um domínio excelente do aparelho vocal que permita fonações de dinâmicas muito reduzidas. Uma vez que para o cálculo do CTP não é exigido um nível tão reduzido de dinâmica para a fonação, esta medida é mais facilmente detetável.

Estas duas medidas poderão ser importantes na previsão de subclassificação vocal, uma vez que estão a decorrer estudos que sugerem que sopranos classificados como sendo “*Dramáticos*” demonstram uma tendência para utilizar maiores P_{sub} relativamente a sopranos considerados como “*Líricos*” (Sundberg, 2012 - Comunicação pessoal). Deste modo, é legítimo colocar a

hipótese de que cantoras com diferentes subclasses vocais atribuídas poderão apresentar limiares mínimos de pressão de fonação diferentes.

(iii) A **média de fluxo de ar** para cada nota é uma medida igualmente importante em termos fisiológicos, pois o som primário produzido no sistema vibratório corresponde à interrupção do fluxo de ar transglótico pela colisão das pregas vocais (Sundberg, 1987). É através do conhecimento do fluxo de ar transglótico para uma dada frequência e para uma dada P_{sub} que se poderá calcular a resistência glótica (R). Estudos prévios demonstraram que mulheres apresentam uma R maior do que a dos homens, possivelmente porque estas possuem uma laringe mais pequena (Scherer e Guo, 1991). Assim sendo, tendo em conta que estudos prévios demonstraram que entre categorias de sopranos, mezzo-sopranos e altos (portanto dentro das classificações vocais atribuídas a vozes femininas) existia uma diferença em termos de tamanho das pregas vocais e do trato vocal (Roers et al., 2009a, Roers et al., 2009b), é possível colocar a questão de que, para uma mesma categoria vocal, estes parâmetros terão igual importância na separação de subcategorias, parâmetros cujos efeitos poderiam estar subjacentes à R . Assim sendo, o cálculo da medida de R será importante aos objetivos a que este trabalho se propõe.

4.6. ANÁLISE DOS DADOS

Como mencionado anteriormente, foram recolhidos diferentes tipos de dados, nomeadamente percetuais, acústicos, fisiológicos e aerodinâmicos. Desta forma, a análise dos dados requereu a utilização de *softwares* diferentes, que foram empregues para tratamento e recolha dos dados, nomeadamente: (i) *Soundswell Signal Workstation* (Hitech Development, Solna, Suécia), *Aeroview* (Glottal Enterprises, Syracuse, Nova Iorque), *Office Excel 2007* (Microsoft, Redmond, Washington) e *Statistical Package for the Social Sciences* (SPSS/IBM, Armonk, Nova Iorque), versão 17 para Windows.

O *Soundswell Signal Workstation* foi utilizado para: (i) a criação do ficheiro áudio que constitui o teste percetual auditivo; (ii) a realização da média da análise espectrográfica de longa duração (LTAS); e (iii) a obtenção de valores de P_{sub} para determinação do PTP e do CTP.

O *Office Excel 2007* foi utilizado para o cálculo de: (i) parâmetro alfa; (ii) Leq ; (iii) $(H1-H2)_{LTAS}$; (iv) cálculo de PTP e CTP a partir de medições de P_{sub} ; (v) verificação da consistência das respostas dadas por cada avaliador do teste percetual auditivo, através do cálculo do coeficiente

de correlação de Pearson; e (vi) organização e tratamento de dados (cálculo de médias, desvios padrões e z-scores).

O *Aeroview* foi utilizado na recolha de valores de P_{sub} e de fluxo de ar transglótico para a tarefa vocal da ária de ópera.

Empregou-se ainda o *Statistical Package for the Social Sciences (SPSS)* para a triangulação dos dados através da realização de uma análise de regressão múltipla *stepwise*. Este teste estatístico foi particularmente escolhido pois pretendia-se averiguar se existiam correlações entre as classificações atribuídas no teste percetual auditivo e os parâmetros acústicos, fisiológicos e aerodinâmicos que pudessem propor um modelo de atribuição de subclasses vocais para sopranos. Os resultados dos testes percetuais auditivos, da análise dos parâmetros acústicos, fisiológicos e aerodinâmicos e da triangulação destes dados apresentam-se descritos no capítulo seguinte desta tese.

CAPÍTULO 5: RESULTADOS

5. RESULTADOS

5.1. INTRODUÇÃO

O objetivo principal deste estudo prendeu-se com a proposta de um modelo de atribuição de subclasses vocais de sopranos que alie parâmetros objetivos (i.e., acústicos, fisiológicos e aerodinâmicos) a uma avaliação perceptual. Os parâmetros objetivos foram obtidos através de gravações multicanal de sopranos e os parâmetros perceptuais, através de um teste de percepção auditiva submetido a vários especialistas do canto. Este capítulo pretende apresentar os resultados obtidos a partir da análise perceptual, acústica, fisiológica e aerodinâmica de gravações vocais das cantoras. Começa-se assim por uma descrição da amostra, seguida da apresentação dos resultados obtidos nas avaliações perceptuais auditivas, dos resultados da avaliação dos parâmetros acústicos e dos resultados da avaliação dos parâmetros fisiológicos e aerodinâmicos da voz. No final, proceder-se-á à triangulação dos dados, procedendo a uma análise estatística de regressão multivariada.

5.2. DESCRIÇÃO DA AMOSTRA

Foi constituída uma amostra de 11 sopranos, aqui identificadas de S1 a S11, com idades compreendidas entre os 19 e os 49 anos e com ocupações profissionais como estudantes universitárias (6, 54.55%: as sopranos S1, S2, S3, S5, S6 e S9) e cantoras profissionais, com carreira como professoras e *freelancers* há 4, 10, 12, 14 e 15 anos (as restantes sopranos). A maior parte destas cantoras iniciou os estudos vocais entre os 15 e os 23 anos, à exceção de duas, que iniciaram os seus estudos aos 6 e aos 32 anos. Quando inquiridas sobre a sua subclasse vocal, as respostas variaram entre soprano ligeiro (1; 9.1%), soprano lírico-ligeiro de coloratura (1; 9.1%), soprano lírico de coloratura (1; 9,1%), soprano lírico (2; 18.18%), soprano lírico *spinto* (3; 27.27%) e soprano dramático de coloratura (1; 9.1%). Duas participantes não responderam a esta questão. A fim de compreender melhor as características vocais destas cantoras, questionou-se quais as características de repertório que se traduzem em facilidades/dificuldades na performance. Na Tabela 10 encontram-se sumariadas as respostas dadas. Nenhuma das cantoras indicou ser fumadora. Entre outros fatores que pudessem provocar alterações vocais, questionou-se sobre a ingestão de medicamentos. O único indicado foi o contraceutivo oral (6, 54.55%: as sopranos S1, S6, S8, S9, S10 e S11). Quanto a intervenções cirúrgicas que pudessem ter interferido com o normal funcionamento vocal, três das cantoras mencionaram ter sido submetidas a

adenoidectomias (27.27%: as sopranos S3, S7 e S9) e uma mencionou ter sido submetido a uma septoplastia (9.1%, a soprano S5).

Tabela 10. Informação sobre características vocais individuais: (i) subclasse; (ii) características do repertório que oferece maiores dificuldades; e (iii) características de repertório que oferece menores dificuldades.

Identificação	Subclasse	Dificuldades	Facilidades
S1	Ligeiro	Notas graves; questões de interpretação	Andamentos mais rápidos
S2	Lírico-ligeiro de coloratura	Frases em legato; notas agudas sustentadas; longas frases de coloratura; texto (especialmente em francês e alemão)	Notas agudas em staccato; repertório de caráter ligeiro e leve
S3	Não respondeu	Registo mais grave; exercícios de coloratura com muita velocidade	Registo médio-agudo
S4	Não respondeu	Zona de passagem; coloratura; insistência no mesmo registo ou na mesma nota	Notas longas; mudança de registros
S5	Lírico	Notas agudas sustentadas; pouca resistência; coloratura, especialmente em passagens muito longas ou rápidas	Notas longas; legatos; região média-aguda; notas graves
S6	Lírico de coloratura	Registos mais graves	Notas agudas
S7	Lírico spinto	Frases grandes sustentadas na zona de passagem; coloratura; saltos grandes	Repertório leve, italiano
S8	Dramático de coloratura	Legato e zonas de passagem	Coloratura
S9	Lírico spinto	Gestão do apoio; passagem para as notas agudas; homogeneidade da cor vocal.	Linhas melódicas de tessitura ampla; amplitude de dinâmicas.
S10	Lírico spinto	Agilidade (sobreagudos)	Grandes linhas melódicas, amplas
S11	Lírico	Grandes frases em legato ou em coloratura, particularmente coloraturas intermináveis do período barroco	Se a obra está escrita num registo confortável; legatos; coloratura se não estiver escrita em frases demasiado longas

Também foi realizado um questionário aos avaliadores que participaram no teste auditivo perceptual. Na Tabela 11 estão esquematizadas as suas respostas: os 19 avaliadores eram, na sua maioria, mulheres, com mais de 44 anos, professores de canto e cantores profissionais, e desempenham a referida atividade profissional há mais de dez anos. Os avaliadores possuíam diferentes níveis de formação académica: dois frequentaram o conservatório de música ou similar (10.52%), quatro eram licenciados em música (21.05%), cinco concluíram o mestrado de Música, ramo de Performance (26.31%), três concluíram Mestrado em Música mas vertente de ensino (15.78%), dois são doutorados em Música (10.52%) e três possuem um nível de formação académica superior, mas não referiram qual. Quanto às nacionalidades, a maior parte eram portuguesas (12; 63.15%), e os restantes (7; 36.84%) tinham as seguintes nacionalidades: alemã, brasileira, croata, finlandesa, italiana, norte-americana ou sueca.

Tabela 11. Respostas ao questionário de perfil dos avaliadores do teste de perceção auditiva.

Género	Feminino (11; 57.89%)
	Masculino (8; 42.1%)
Idade	26-31 anos (2; 10.52%)
	32-37 anos (2; 10.52%)
	38-43 anos (5; 26.31%)
	>44 anos (9; 47.36%)
	Não responderam (1; 5.26%)
Principal atividade profissional do avaliador	Cantor profissional (2; 10.51%)
	Professor de canto (3; 15.78%)
	Professor de canto e cantor profissional (13; 68.42%)
	Estudante de canto (0; 0%)
	Não responderam (1; 5.26%)
Anos de desempenho da referida atividade profissional	<5 anos (3; 15.78%)
	6-10 anos (1; 5.26%)
	>10 anos (15; 78.94%)
Formação académica possui	Conservatório ou escola profissional de Música (2; 10.52%)
	Licenciatura em Música (4; 21.05%)
	Mestrado em Música – Performance (5; 26.31%)
	Mestrado em Pedagogia da Música (3; 15.78%)
	Doutoramento em Música (2; 10.51%)
	Estudos mais avançados (3; 15.78%)

5.3. TESTE DE AVALIAÇÃO PERCETUAL AUDITIVA

A fim de atribuir uma subclasse vocal às sopranos participantes, recorreu-se ao método mais usado, isto é, a uma avaliação com base na percepção auditiva. Assim, procedeu-se à realização de um teste auditivo percetual com uma escala analógica visual de avaliação (Shrivastav e Wingate, 2008), incluindo estímulos replicados para testar a consistência das respostas de cada avaliador. Os avaliadores cuja consistência de resposta ao mesmo estímulo auditivo apresentassem um valor de coeficiente de correlação de Pearson inferior a 0.75 foram excluídos. Na Tabela 12 são representados todos os coeficientes de correlação de Pearson. Verifica-se que dos 19 avaliadores, 15 apresentam uma consistência de avaliação elevada ($r > 0.75$); as respostas dos avaliadores 3, 8, 13 e 18 não foram tomadas em conta por apresentarem uma consistência de avaliação reduzida.

Tabela 12. Resultados dos testes de avaliação percetual auditiva para cada avaliador. A cinzeno encontram-se representados os avaliadores que foram excluídos do teste percetual auditivo por apresentarem um valor de correlação baixo.

Avaliador	Correlação de Pearson
1	0.81
2	0.84
3	0.75
4	0.77
5	0.98
6	0.98
7	0.80
8	0.60
9	0.84
10	0.85
11	0.91
12	0.98
13	0.48
14	0.86
15	0.93
16	0.78
17	0.86
18	0.00
19	0.78

Procedeu-se de seguida à conversão dos resultados obtidos nas avaliações percetuais consistentes em percentagens. Na Figura 9 encontram-se representadas as médias de avaliação atribuídas por cada avaliador a cada soprano. Dividindo as percentagens em quartis, observa-se que as duas primeiras sopranos ficam abaixo do primeiro quartil, as sopranos S3, S4, S5, S6, S7 e

S8 encontram-se no segundo quartil e as três últimas sopranos, S9, S10 e S11, ficaram classificadas no terceiro quartil, não havendo sopranos com classificações que atinjam o quarto quartil.

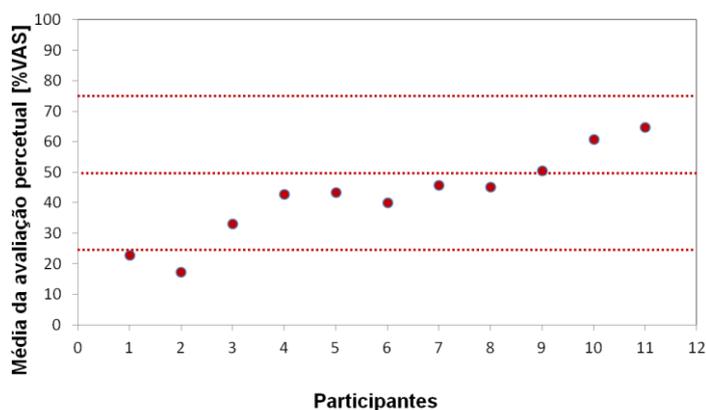


Figura 9. Representação gráfica dos resultados médios obtidos nos testes de avaliação percentual para cada soprano.

5.4. PARÂMETROS ACÚSTICOS

Na Figura 10 representa-se a curva de LTAS para cada soprano em função da respetiva classificação de VAS, a partir da qual se extraíram os diferentes parâmetros acústicos analisados (i.e., parâmetro alfa, Leq , $(H1-H2)_{LTAS}$ e média de LTAS). Embora exista uma elevada sobreposição de curvas, é possível verificar que, para algumas cantoras, existe um pequeno pico no espectro na região dos 3.5kHz a 4kHz. Por exemplo, a soprano que obteve a classificação máxima de VAS é aquela que apresenta um pico mais pronunciado nesta região do espectro.

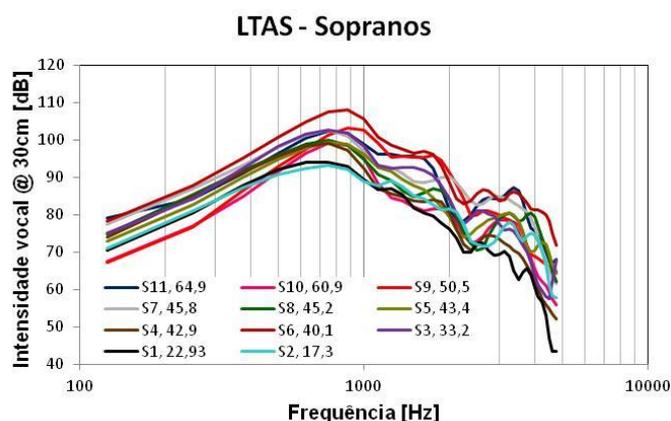


Figura 10. Representação de LTAS para cada participante do estudo e respetiva classificação de VAS.

Na Tabela 13 encontram-se indicados os valores dos parâmetros acústicos avaliados, i.e., parâmetro alfa, Leq, (H1-H2)_{LTAS} e média de LTAS, em função dos resultados obtidos no teste de avaliação perceptual auditiva.

Tabela 13. Parâmetros acústicos em função da avaliação perceptual atribuída a cada soprano participante.

Parâmetros Acústicos						
Participantes	Média da avaliação perceptual [VAS %]	Parâmetro Alfa [dB]	Leq [db]	(H1-H2) _{LTAS}	Média LTAS	
1	22.9	-6.90	94.3	5.035	84.59	
2	17.3	-2.95	93	2.777	86.73	
3	33.2	-6.73	99.47	3.563	93.48	
4	42.9	-10.09	94.57	6.74	88.47	
5	43.4	-6.04	96.29	3.745	91.91	
6	40.1	-5.56	100.4	1.984	99.93	
7	45.8	-5.95	97.69	4.689	94.76	
8	45.2	-7.47	96.37	5.398	91.64	
9	50.5	-4.08	98.25	1.691	94.10	
10	60.9	-9.34	99.9	5.13	90.83	
11	64.9	-3.06	102.1	0.978	96.09	

Como a variabilidade entre participantes é elevada e cada parâmetro possui unidades diferentes, para poder proceder à comparação dos dados entre participantes procedeu-se à normalização dos dados, convertendo os dados originais nos respetivos valores de z-scores, aplicando a seguinte fórmula de cálculo e apresentando os resultados na Tabela 14:

$$\frac{x-\mu}{\sigma}, \text{ sendo que } x = \text{valor real}; \mu = \text{média}; \sigma = \text{desvio padrão}$$

Tabela 14. Sumário dos resultados referentes aos parâmetros acústicos em função dos resultados dos testes perceptuais, resultantes da análise da ária de ópera. Os dados são apresentados já normalizados para cada soprano participante.

Parâmetros Acústicos						
Participantes	Média da avaliação perceptual [VAS %]	Parâmetro Alfa [dB]	Leq [db]	(H1-H2) _{LTAS}	Média LTAS	
1	-1.4	-0.3	-1.1	0.7	-1.7	
2	-1.8	1.4	-1.6	-0.6	-1.2	
3	-0.7	-0.2	0.7	-0.1	0.3	
4	0.0	-1.7	-1.0	1.6	-0.8	
5	0.1	0.1	-0.4	0.0	0.0	
6	-0.2	0.3	1.0	-1.0	1.8	
7	0.2	0.1	0.1	0.5	0.6	
8	0.2	-0.6	-0.4	0.9	-0.1	
9	0.6	0.9	0.3	-1.2	0.5	
10	1.3	-1.4	0.8	0.7	-0.3	
11	1.6	1.4	1.6	-1.6	0.9	

Considerando apenas os valores absolutos de todos os parâmetros acústicos analisados, verifica-se que o parâmetro de avaliação acústica que possui um padrão de distribuição mais semelhante ao padrão de distribuição dos resultados da classificação perceptual auditiva é o do Leq (ver Figura 11).

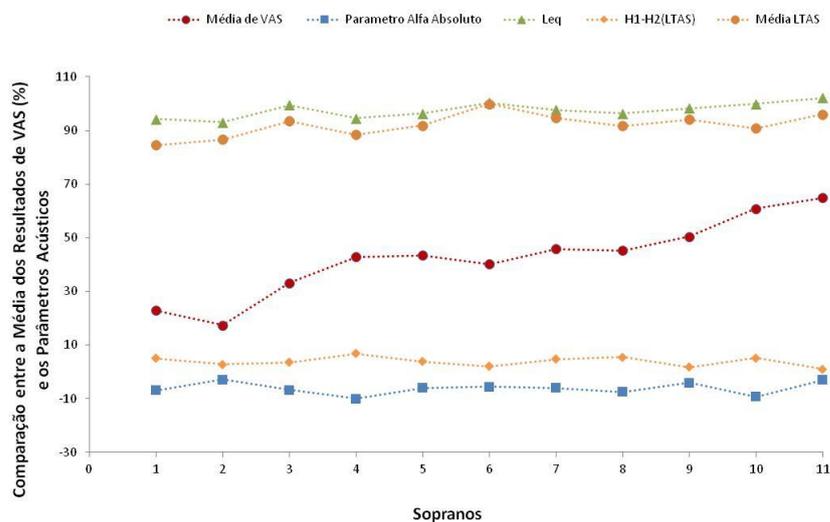


Figura 11. Comparação do comportamento dos resultados da classificação vocal atribuída através da avaliação perceptual auditiva com o comportamento dos resultados da avaliação de parâmetros acústicos.

5.5. PARÂMETROS FISIOLÓGICOS E AERODINÂMICOS

Nesta secção, apresentam-se os resultados da análise dos parâmetros fisiológicos e aerodinâmicos, recordando que: (i) os primeiros dizem respeito à mobilidade das pregas vocais, obtidos através da análise da tarefa vocal de diminuindo cantado em diferentes F0, com a sílaba /pa/; e (ii) o segundo concerne à resistência da glote à passagem do ar (estes valores foram obtidos da análise das diferentes F0 na ária de ópera cantada com a sílaba /pa/ que providenciaram dados válidos). Tal como se procedeu relativamente aos resultados dos parâmetros acústicos, os resultados dos parâmetros fisiológicos e aerodinâmicos serão comparados com os resultados da classificação perceptual auditiva.

Começando por discutir os resultados respeitantes à mobilidade das pregas vocais, a Tabela 15 apresenta os resultados da avaliação perceptual auditiva e os parâmetros de PTP e CTP normalizados.

Tabela 15. Sumário dos resultados referentes aos parâmetros fisiológicos, PTP e CTP, para cada nota cantada em diminuendo na sílaba /pa/.

Participantes	Média da avaliação percentual [VAS %]	PTP						CTP							
		Ré4	Fá4	Láb4	Si4	Ré5	Fá5	Láb5	Ré4	Fá4	Láb4	Sio4	Ré5	Fá5	Láb5
1	22.9	-0.31	-0.21	-0.17	-0.18	0.05	0.05	0.07	-0.45	-0.39	-0.44	-0.47	-0.42	-0.41	-0.41
2	17.3	-0.27	-0.25	-0.22	-0.17	-0.16	-0.24	-0.13	-0.41	-0.44	-0.41	-0.39	-0.42	-0.40	-0.42
3	33.2	-0.42	-0.31	-0.27	-0.27	-0.19	-0.16	0.01	-0.91	-0.48	-0.48	-0.47	-0.44	-0.41	-0.39
4	42.9	-0.35	-0.36	-0.32	-0.30	-0.29	-0.24	-0.25	-0.53	-0.60	-0.55	-0.57	-0.57	-0.66	-0.74
5	43.4	-0.31	-0.27	-0.29	-0.20	-0.09	0.13	0.39	-0.44	-0.43	-0.44	-0.49	-0.46	-0.33	-0.34
6	40.1	-0.22	-0.20	-0.21	-0.24	-0.27	-0.22	-0.22	-0.40	-0.36	-0.40	-0.41	-0.42	-0.56	-0.58
7	45.8	-0.30	-0.33	-0.31	-0.32	-0.17	0.07	0.23	-0.45	-0.46	-0.49	-0.47	-0.42	-0.44	-0.40
8	45.2	-0.30	-0.27	-0.23	-0.18	-0.09	-0.09	0.05	-0.52	-0.45	-0.37	-0.37	-0.39	-0.42	-0.26
9	50.5	-0.14	-0.18	-0.16	-0.07	-0.06	0.14	0.08	-0.34	-0.36	-0.36	-0.30	-0.39	-0.35	-0.34
10	60.9	-0.30	-0.28	-0.25	-0.14	-0.07	0.03	0.12	-0.34	-0.37	-0.42	-0.38	-0.45	-0.46	-0.39
11	64.9	-0.34	-0.36	-0.27	-0.22	-0.21	-0.19	0.03	-0.43	-0.42	-0.42	-0.42	-0.43	-0.43	-0.49

Tal como aconteceu para os resultados obtidos da avaliação acústica, procedeu-se à normalização dos dados aplicando a fórmula de cálculo dos respetivos valores de z-scores. A Tabela 16 representa os valores resultantes desta normalização.

Tabela 16. Sumário dos resultados da avaliação dos parâmetros fisiológicos – PTP e CTP, após normalização dos dados.

Participantes	Média da avaliação percentual [VAS %]	PTP [cmH ₂ O]						CTP [cmH ₂ O]					
		Fá4	Láb4	Si4	Ré5	Fá5	Láb5	Fá4	Láb4	Si4	Ré5	Fá5	Láb5
1	-2.9	0.2	0.5	-0.4	0.1	0.2	-0.2	0.0	-0.7	-1.0	-0.4	0.0	-0.1
2	-2.9	-1.2	-1.5	-0.7	-1.0	-1.5	-1.3	-1.2	-1.0	-0.5	-1.1	-0.3	-0.4
3	-3.0	-0.9	-0.9	-0.9	-0.4	-0.6	-0.2	-1.0	-1.2	-0.7	-0.4	0.2	0.2
4	-2.9	0.2	0.4	0.0	-0.4	-0.5	-0.9	-1.5	-0.6	-0.8	-1.0	-1.4	-1.6
5	-2.9	0.7	-0.2	0.5	0.9	1.3	1.8	0.7	0.7	-0.3	0.3	1.5	0.9
6	-2.9	0.1	-0.8	-1.4	-2.0	-1.3	-1.6	-0.2	-1.0	-1.0	-1.5	-2.1	-1.7
7	-2.9	-0.2	-0.3	-0.8	0.3	1.1	1.2	0.4	0.0	0.2	1.5	0.6	0.6
8	-2.9	0.2	0.4	0.5	0.8	-0.1	0.1	-0.3	1.2	1.0	1.0	0.3	1.3
9	-2.8	1.9	2.1	1.9	1.0	1.2	0.3	1.2	1.6	1.9	1.1	0.9	0.7
10	-2.9	0.7	0.9	1.4	1.3	0.9	0.6	1.8	1.1	1.4	0.6	0.2	0.6
11	-2.9	-1.8	-0.7	-0.2	-0.6	-0.7	0.1	-0.1	0.0	-0.1	-0.2	0.0	-0.5

Constata-se que, tal como previsto, os valores de PTP e CTP vão aumentando com a F0. Também se verificou que, tal como o referido em estudos anteriores (Enflo e Sundberg, 2009, Lã e Sundberg, 2012), CTP está relacionado com PTP, apresentando valores mais elevados. Contudo, esta relação vai-se tornando mais fraca para valores mais elevados de F0 (ver Figura 12).

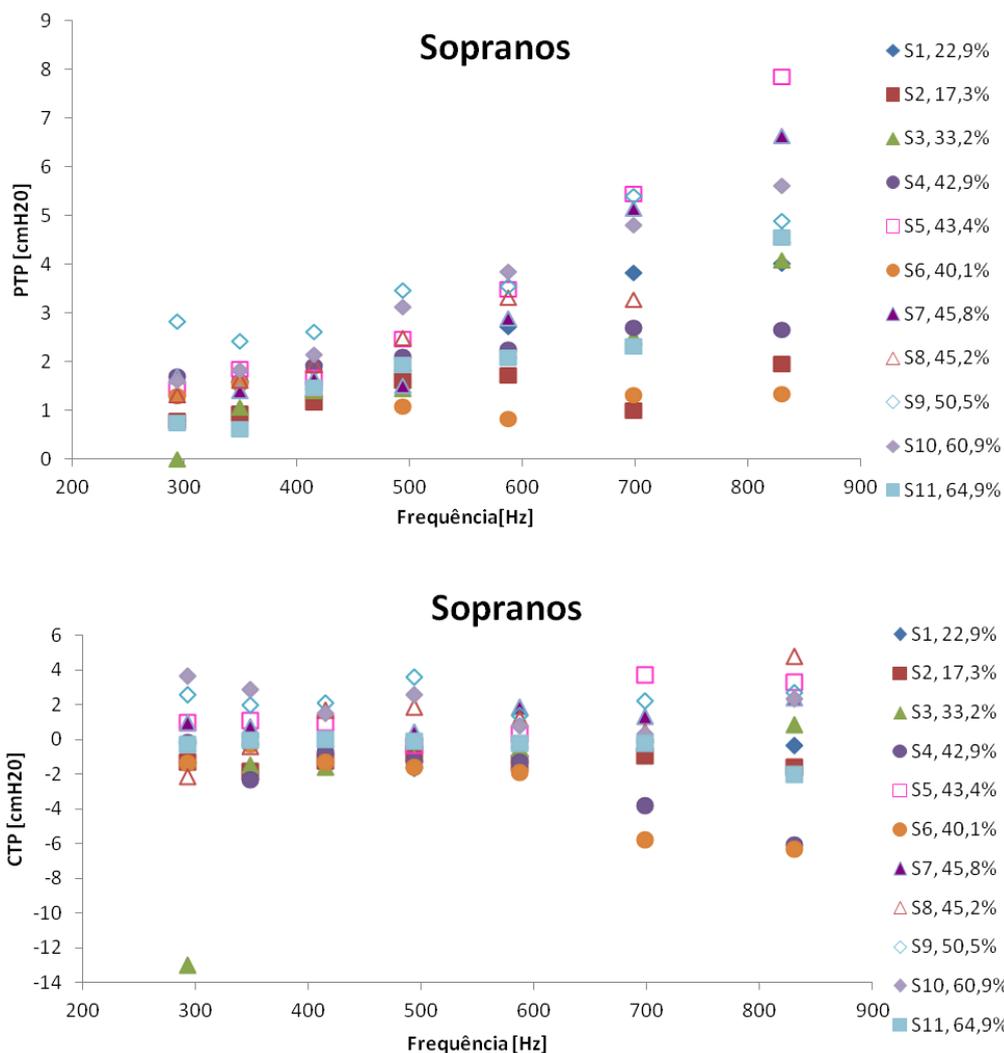


Figura 12. Representação esquemática dos valores de PTP (painel superior) e CTP (painel inferior) para cada participante em função das diferentes frequências cantadas. Na legenda está indicado o valor da avaliação perceptual que foi atribuída a cada soprano.

No que diz respeito aos parâmetros fisiológicos, mas agora referentes à resistência glótica (Tabela 17), verifica-se que a intervariabilidade vai sendo maior com o aumento da F0.

Tabela 17. Sumário dos valores de resistência obtidos para cada nota analisada na extensão vocal de cada soprano.

Participantes	Média da avaliação percentual [VAS %]	Resistência [kPa/l/s]						
		Mib4	Fá4	Sol4	Láb4	Sib4	Dó5	Réb5
1	22.9	1,98	4,45	5,49	5,01	5,95	6,87	8,10
2	17.3	1,71	3,89	3,75	3,33	3,96	5,79	6,91
3	33.2	4,36	2,59	12,26	9,90	8,94	13,94	22,34
4	42.9	2,36	37,83	39,21	49,09	6,94	7,55	8,48
5	43.4	2,80	4,94	6,25	5,63	7,16	12,68	12,55
6	40.1	2,19	3,91	3,99	3,62	4,69	5,27	6,16
7	45.8	5,09	6,68	9,16	8,89	9,56	13,58	14,11
8	45.2	2,06	3,10	4,54	4,65	11,45	--	--
9	50.5	1,36	2,41	3,41	2,62	3,42	3,92	4,41
10	60.9	3,64	7,49	8,05	7,24	6,77	6,35	9,23
11	64.9	1,84	4,73	4,81	4,57	5,24	7,39	10,16

Tal como se procedeu para os parâmetros anteriores, para este parâmetro procedeu-se também à normalização dos dados. Os resultados do cálculo dos respetivos valores de z-scores encontram-se sumariados na Tabela 18. Como para as notas Dó5 e Réb5 não se conseguiram obter valores viáveis de resistência para a soprano S8, estas notas foram excluídas de uma análise comparativa.

Tabela 18. Sumário dos resultados referentes aos parâmetros fisiológicos de resistência glótica obtidos através das repetições em diminuendo da sílaba /pa/ e dos resultados dos testes percentuais auditivos da ária de ópera. Os dados são apresentados já normalizados.

Participantes	Média da avaliação percentual [VAS %]	Resistência [kPa/l/s]				
		Mib4	Fá4	Sol4	Láb4	Sib4
1	-1.8	-0.6	0.1	-0.2	-0.2	-0.3
2	-0.7	-0.8	-0.3	-0.8	-0.9	-1.1
3	0.0	1.4	-1.1	2.3	1.9	0.9
4	0.1	-0.3	-0.4	-0.7	-0.3	0.1
5	-0.2	0.1	0.4	0.1	0.1	0.2
6	0.2	-0.4	-0.3	-0.7	-0.8	-0.8
7	0.2	2.0	1.5	1.1	1.5	1.1
8	0.6	-0.5	-0.8	-0.5	-0.4	1.9
9	1.3	-1.1	-1.2	-0.9	-1.3	-1.3
10	1.6	0.8	2.0	0.7	0.8	0.0
11	-3.0	-0.7	0.2	-0.4	-0.4	-0.6

Destacam-se 3 valores como *outliers* referentes à soprano S4 (ver Figura 13), que poderão ter resultado de erros relacionados com as dificuldades inerentes à recolha de dados relativos a fluxo de ar transglótico com a máscara de Rothenberg, apesar da repetição das gravações cujos resultados não foram robustos.

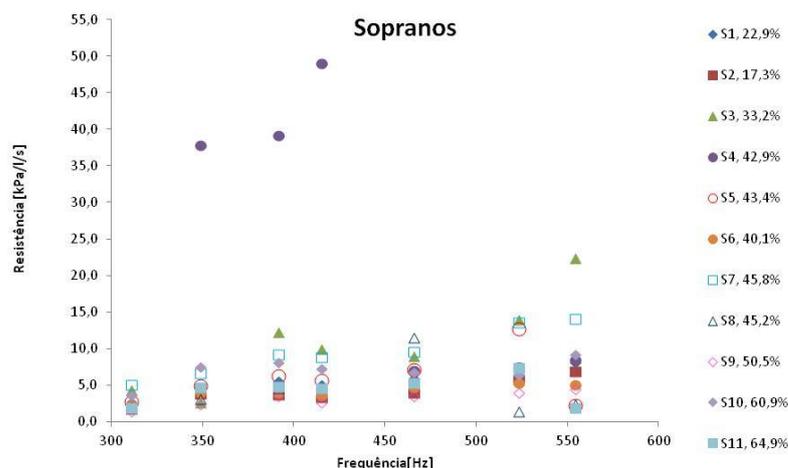


Figura 13. Representação gráfica dos valores de resistência glótica para cada soprano participante no estudo em função das notas Mib4, Fá4, Sol4, Láb4, Sib4, Dó5 e Réb5. Na legenda está identificado o valor da avaliação perceptual que foi atribuído a cada soprano.

5.6. RESULTADOS DA TRIANGULAÇÃO DOS DADOS RELATIVOS AOS PARÂMETROS PERCETUAIS COM OS FISIOLÓGICOS, OS AERODINÂMICOS E OS ACÚSTICOS

A fim de averiguar qual a combinação de dados que melhor poderia prever as classificações obtidas através do teste perceptual auditivo, procedeu-se a uma análise estatística de regressão multivariada *stepwise*. Nesta análise, foi considerada como variável dependente a avaliação perceptual auditiva e variáveis independentes (preditores) todos os outros parâmetros avaliados (i.e., acústicos, fisiológicos e aerodinâmicos). Os dados utilizados para a realização deste teste foram os dados normalizados de todos estes parâmetros.

Os resultados encontram-se descritos na Tabela 19. Verifica-se que foram encontrados dois modelos que poderiam funcionar como previsores da classificação perceptual auditiva atribuída, nomeadamente: (i) modelo 1, contando exclusivamente com parâmetros acústicos, nomeadamente Leq . Este modelo apresenta uma correlação entre Leq e a classificação perceptual auditiva de $r = 0.76$. O R^2 ajustável indica que este modelo explicaria a classificação auditiva atribuída em cerca de 50% dos casos; (ii) modelo 2, contando com parâmetros acústicos e fisiológicos, sendo Leq e PTP para a nota Si4. Este modelo apresenta uma correlação entre Leq e PTP_{Si4} de $r = 0.87$. O R^2 ajustável indica que este modelo explicaria a classificação auditiva atribuída para cerca de 70% dos casos. Assim, este último seria um modelo mais robusto para prever a classificação perceptual auditiva atribuída.

Tabela 19. Sumário dos resultados relativos aos modelos obtidos por análise de regressão multivariada *stepwise*.

Modelo - Sumário				
Modelo	R	R Quadrado ajustado	Durbin-Watson	ANOVA
1	0.736 ^a	0.491		F (10) = 10.665; p = 0.01
2	0.877 ^b	0.711	2.079	F (10) = 13.306; p = 0.003

a. Preditores: (Constante). Leq
 b. Preditores: (Constante). Leq. PTP Si4
 c. Variável dependente: Média da avaliação percetual [VAS %]

A Figura 14 apresenta a relação entre a distribuição dos dados relativos à classificação vocal atribuída através da avaliação percetual auditiva e a dos dois parâmetros identificados como melhor previsores dessa classificação pela regressão multivariada.

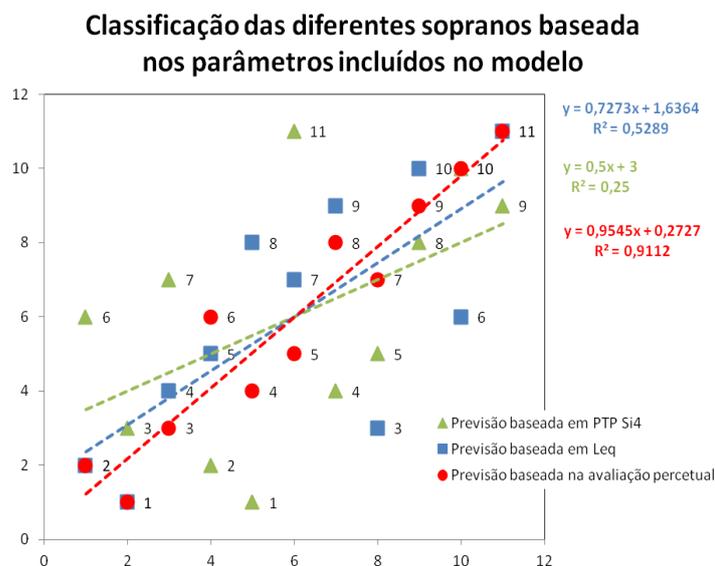


Figura 14. Representação esquemática da distribuição linear dos dados de avaliação percetual auditiva e da distribuição linear dos parâmetros acústicos e fisiológicos que surgiram no modelo que melhor previsão faz da classificação vocal atribuída a partir da classificação percetual auditiva.

Na Tabela 20, são apresentados os coeficientes obtidos para os dois modelos propostos. Aplicando o modelo 2, poder-se-á proceder à estimativa dos valores obtidos na subclassificação vocal percetual auditiva. A equação seria $\%Vas = [Leq(Sn) * \beta] + [PTPSi4(Sn) * \delta] + B$, onde S_n representa cada participante, β o resultado do teste de *Anova* para a primeira variável independente (Leq), δ o resultado do teste de *Anova* para a segunda variável independente (PTP

Si4) e B o coeficiente não standardizado para o modelo que oferece uma previsão mais robusta (modelo 2).

Tabela 20. Sumário dos coeficientes dos modelos obtidos por análise de regressão multivariada *stepwise*.

Model		Coefficients												
		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.	95.0% Confidence Interval for B		Correlations			Collinearity Statistics		
		B	Std. Error	Beta			Lower Bound	Upper Bound	Zero-order	Partial	Part	Tolerance	VIF	
1	(Constant)	42.464	3.067		13.845	.000	35.525	49.402						
	Equivalent sound level	10.569	3.236	.736	3.266	.010	3.248	17.890	.736	.736	.736	1.000	1.000	
2	(Constant)	42.525	2.312		18.394	.000	37.194	47.856						
	Equivalent sound level	10.282	2.441	.716	4.211	.003	4.652	15.912	.736	.830	.716	.998	1.002	
	PTP B4	6.739	2.407	.476	2.800	.023	1.189	12.288	.506	.704	.476	.998	1.002	

Na Tabela 21 apresentam-se os resultados do cálculo da previsão de %VAS para cada cantora, resultante da aplicação do modelo 2 de previsão. A correlação obtida entre %VAS prevista e a observada é de cerca de 0.87. Pode-se ainda constatar que a diferença entre a média de VAS observada e a prevista apresenta uma tendência para a obtenção de valores negativos, sugerindo que o modelo 2 prevê classificações ligeiramente superiores às que são efetivamente atribuídas (ver Figura 15).

Tabela 21. Resultados da aplicação do modelo 2 na previsão de uma subclassificação vocal auditiva resultante da avaliação a partir da aplicação de variáveis acústicas, fisiológicas e aerodinâmicas.

Identificação	Média de VAS observada [%]	Média de VAS % prevista pelo modelo 2 [%]	Diferença entre %VAS observada e a prevista
1	22.9	28.2	-5.2
2	17.3	21.4	-4.1
3	33.2	43.9	-10.7
4	42.9	31.7	11.2
5	43.4	41.4	2.0
6	40.1	43.9	-3.8
7	45.8	37.8	8.0
8	45.2	41.9	3.3
9	50.5	57.9	-7.4
10	60.9	61.0	-0.1
11	64.9	58.1	6.7

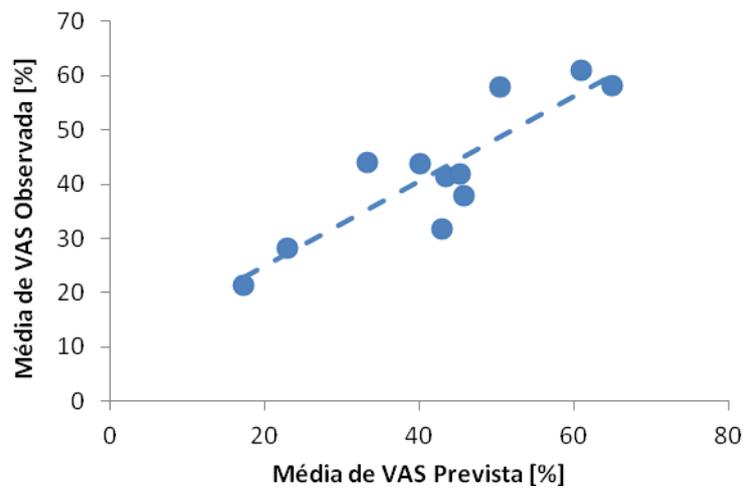


Figura 15. Representação esquemática da correlação existente entre a média de VAS observada e a média de VAS prevista pelo modelo estatístico.

A secção que se segue apresenta a discussão destes resultados e a proposta de um modelo tridimensional de atribuição de subclasses vocais.

CAPÍTULO 6: DISCUSSÃO E CONCLUSÕES

6. DISCUSSÃO

Este projeto de investigação pretende relacionar a atribuição de subclasses vocais de sopranos baseada em parâmetros perceptuais (usados maioritariamente em exclusividade nos atuais sistemas de subclassificação vocal utilizados) com parâmetros acústicos, fisiológicos e aerodinâmicos. A amostra foi constituída por 11 sopranos com características e níveis de formação vocal diferentes (estudantes e profissionais com diferentes dificuldades e facilidades de domínio técnico do instrumento). Seguindo modelos de estudos anteriormente realizados, que utilizaram cantores com níveis etários e de proficiência diferentes, pensou-se que a heterogeneidade da amostra seria importante. No entanto, constatou-se a possibilidade desta ser uma variável que de algum modo influenciou nos resultados da avaliação perceptual: alguns membros do painel de avaliação perceptual das vozes revelaram dificuldades na atribuição de subclasses aos sopranos que ainda se encontravam em formação. Deste modo, talvez seja importante para investigações futuras ultrapassar esta possível limitação, implementando o modelo aqui encontrado primeiro com cantoras profissionais e depois com cantoras estudantes, de modo a averiguar a robustez do mesmo na previsão de avaliações perceptuais auditivas para os dois grupos.

A avaliação perceptual das vozes, embora constitua um método exclusivo para a atribuição de uma subclasse vocal a cantores de técnica clássica, apresentou-se neste trabalho de um modo diferente. Optou-se por uma avaliação numa escala contínua em vez de numa escala categórica, precisamente para ultrapassar, por um lado, as limitações inerentes a uma classificação categórica (reduzida nos casos em que uma voz pode ser incluída em diferentes subclasses), e por outro, as dificuldades na definição de um sistema de classificação mais indicado do que os que atualmente se encontram disponíveis. A inclusão de estímulos replicados, de forma aleatória e duplamente cega, permitiu utilizar apenas as respostas dos avaliadores que demonstraram maior consistência nas suas respostas. Além disso, o painel era constituído por avaliadores habituados a proceder à atribuição de subclasses a sopranos (todos professores de canto e/ou cantores). O facto de os avaliadores possuírem diferentes nacionalidades poderá também ser considerado como uma mais-valia para a robustez dos resultados, pois têm-se em conta pontos de vista mais abrangentes sobre o canto clássico e a classificação vocal. Outro aspeto positivo inerente ao teste de avaliação perceptual reside na quantidade de avaliadores que responderam ao teste. Dos 19 avaliadores que responderam ao teste de avaliação perceptual auditiva, mais de três quartos da amostra (15; 79%) demonstrou um valor elevado de consistência das respostas relativamente a

estímulos replicados. A exclusão de quatro avaliadores (21%) poderá ter estado relacionado com o nível técnico heterogêneo das cantoras, salientado pelos comentários de alguns avaliadores aquando do preenchimento do teste percetual auditivo. Baseada nas autoatribuições de subclasses vocais das participantes, onde se encontraram respostas que variaram desde “soubrette” (início da escala VAS) até “Dramático de coloratura” (final da escala VAS), passando por “Lírico spinto” (metade direita da escala VAS), esperava-se uma maior variedade nos resultados da avaliação percetual auditiva. Contudo, tal não se verificou: não se encontraram sopranos com pontuações da avaliação percetual no quartil com valores entre os 75% e os 100%. Num futuro estudo, um maior número de participantes para a amostra de sopranos deverá ser considerado, de forma a haver um maior leque de subclasses disponíveis e garantir representatividade em todos os quartis.

Passando agora à discussão dos resultados respeitantes à análise acústica de diferentes tipos de vozes, a avaliação do traçado de LTAS sugere que existem diferenças entre as subclasses de sopranos, diferenças essas mais evidentes se comparados as sopranos com menor e maior classificação na VAS. O LTAS referente às sopranos com maior média de avaliação percetual (S10 e S11) apresenta picos de intensidade na região dos 3500Hz aos 4000Hz. Embora este pico possa estar relacionado com efeitos de treino vocal (Barrichelo et al., 2001), será importante verificar se este poderá igualmente estar relacionado com aspetos particulares de produção vocal. É possível considerar a hipótese de que sopranos “dramáticos” possuam um pico nesta região de LTAS específico a esta subclasse vocal. No entanto, um estudo que envolva um maior número de participantes, incluindo um leque mais diversificado de subclasses vocais na amostra, será necessário para verificar esta hipótese. Durante o período de recrutamento de sopranos para as gravações deste estudo, verificou-se a quase inexistência de sopranos com um timbre dito mais “pesado” em Portugal. O estudo teria beneficiado se tivesse havido a oportunidade de juntar às sopranos já gravadas outras vozes que se encaixassem no quartil das médias de avaliação percetual dos 75%-100%, apresentando resultados muito mais abrangentes em termos de inclusão de subclasses de sopranos possíveis. Assim, em futuras investigações que tentem responder às mesmas questões aqui colocadas, será importante recrutar cantores em diferentes etapas, realizando para cada uma dessas etapas um teste auditivo percetual, de forma a terminar o processo de recrutamento apenas quando estiverem representados todos os quartis de classificação vocal possíveis na VAS.

A média de LTAS apresentou uma distribuição de resultados semelhante à distribuição dos dados da classificação perceptual auditiva, o que poderá indicar que esta é uma medida a ter em conta como complementar à atribuição de subclasses vocais perceptual, corroborando o resultado de estudos anteriores (Johnson e Kempster, 2011). Contudo, os valores da média de LTAS não demonstraram possuir um padrão de distribuição semelhante à classificação perceptual no que diz respeito aos sopranos considerados entre o segundo e terceiro quartis. Talvez por isto, no modelo estatístico que melhor prevê os resultados da classificação auditiva tivesse sido incluída a medida Leq e não a média de LTAS. A medida de intensidade vocal está diretamente relacionada com a P_{sub} , pelo que este resultado confirma os resultados de estudos prévios que sugeriram que a P_{sub} encontra diferenças significativas entre sopranos dramáticos e sopranos líricos (Sundberg, 2012 – Comunicação Pessoal).

Os restantes parâmetros acústicos, como $(H1-H2)_{LTAS}$ e o parâmetro alfa, não parecem ser indicadores de diferenças entre subclasses de vozes, confirmando os resultados de Erickson (2003). Este resultado poderá estar relacionado com o facto de que variações nestes dois parâmetros estão mais associadas a modificações dos tipos de fonação; estes, por sua vez, poderão depender do treino vocal de cada cantor, bem como variarem em função de questões expressivas e interpretativas. Por exemplo, numa mesma frase musical, a cantora poderá recorrer a um tipo de fonação mais soprada, se for o caso de expressar emoções como o amor, enquanto um tipo de fonação mais apertada poderá estar relacionada com emoções mais tensas, já que estudos recentes demonstram que diferentes emoções no canto poderão ser inferidas por diferentes tipos de fonação (Klasmeyer e Sendlmeier, 2000, Scherer, 1986, Sundberg, 1987).

Quanto aos parâmetros fisiológicos analisados, foi interessante verificar que a mobilidade das pregas vocais parece constituir um fator distintivo e importante na atribuição de subclasses a diferentes sopranos. Estudos prévios indicaram que as diferenças morfológicas e anatómicas são importantes na classificação das vozes em diferentes categorias (Roers et al., 2009a, Roers et al., 2009b); no entanto, os resultados do estudo aqui realizado sugerem que diferenças anatómicas poderão também constituir elementos diferenciadores entre as diferentes subclasses vocais. De facto, PTP (ou seja, sem envolver colisão das pregas vocais mas apenas vibração) tem sido relacionado com propriedades fisiológicas das pregas vocais e acústicas do trato vocal: maiores valores para a espessura das pregas vocais e a autoinércia (ou inertância) traduzem-se na diminuição de PTP, enquanto que a abdução das pregas vocais, a convergência glótica, a resistência supraglótica, a viscosidade do tecido e a velocidade ondulatória da mucosa da prega

vocal são fatores que contribuem para o seu aumento (Titze, 1988). Para uma determinada intensidade vocal, uma elevada mobilidade das pregas vocais poderá estar associada a menor esforço fonatório; desta forma, comparações de PTP parecem constituir um fator importante no diagnóstico de distúrbios vocais (Enflo e Sundberg, 2009). Embora as aplicações de PTP tenham sido exploradas a nível clínico, o mesmo não se pode dizer relativamente à sua aplicação no ensino e na prática do canto. Por exemplo, se existem diferenças entre as várias subclasses de soprano no que diz respeito à pressão subglótica, será legítimo inferir que PTP também poderia constituir uma medida de diferenciação entre diferentes subclasses vocais. O mesmo se poderia aplicar a CTP, já que esta medida está diretamente relacionada com o PTP (Lã e Sundberg, 2012) e é uma medida mais simples de ser determinada (Enflo e Sundberg, 2009). Contudo, o modelo que apresentou uma melhor previsão da avaliação percetual auditiva incluiu o PTP como medida fisiológica relevante, mas não CTP. Um outro resultado curioso é que PTP se mostrou importante como predictor da classificação vocal, mas apenas para a nota Si⁴. É possível que este resultado seja indicador de que parâmetros fisiológicos como PTP sejam determinantes na distinção de fenómenos particulares a nível da vibração da mucosa das pregas vocais para determinadas F₀ da extensão vocal de um soprano. Por exemplo, é fenómeno conhecido que as notas de passagem, que envolvem ajustes específicos do trato vocal para minimizar os efeitos dos eventos fisiológicos que ocorrem a nível de alterações na tensão e extensão das pregas vocais, são fatores distintivos de diferentes categorias de vozes (Miller, 1977). Contudo, é possível que, para além de ajustes na tensão e extensão do músculo *vocalis*, também ocorram fenómenos de ajustes de convergência glótica, ou de adução e abdução das pregas vocais, ou outros, que se reflitam em diferenças no padrão ondulatório das pregas vocais e, conseqüentemente, de PTP. De igual forma, talvez seja possível que a nota Si⁴ constitua um parâmetro indicativo de ajustes da posição da laringe, ajustes estes que poderão variar de acordo com diferentes subclasses de sopranos. Estudos prévios indicaram que a contração de músculos extrínsecos depressores da laringe (esternohioideu e esternotiroideu) tinham um efeito diferente na tensão das pregas vocais, por outras palavras, encurtavam-nas (Stevens, 2000); sabendo que a depressão da laringe causa este efeito, é possível que diferentes posições tenham um efeito na tensão e extensão da prega vocal e logo na espessura da mucosa que vibra. Sundberg (1987) demonstrou a existência de uma relação entre posição da laringe e as frequências de fonação: a altura da laringe aumenta com o aumento da F₀ a partir da nota Sol⁴. Posto isto, é possível que diferentes subclasses de sopranos possuam F₀ diferentes em que a subida da laringe possa interferir significativamente com a

vibração das pregas vocais e assim alterar PTP. Contudo, estas possibilidades constituem apenas especulações que carecem de comprovação científica.

Por fim, no que diz respeito aos parâmetros aerodinâmicos, verificou-se que a resistência glótica não constitui um parâmetro previsor da avaliação perceptual auditiva. É possível que este resultado esteja relacionado com algum tipo de limitação metodológica, já que durante a análise de dados, verificou-se que para algumas F0 não foi possível obter um valor válido de fluxo de ar. É possível que o tamanho da máscara de Rothenberg não tenha sido ideal para todos os sopranos gravados, permitindo assim fugas de ar e erros no cálculo do fluxo. Estudos futuros deverão ter em conta esta limitação, utilizando diferentes tamanhos da máscara, adequados às diferenças fisiológicas faciais das participantes, assim como envolver um maior número de sopranos com formação vocal oriunda de diferentes escolas de canto.

CAPÍTULO 7: CONCLUSÕES

7. CONCLUSÕES

7.1. APRESENTAÇÃO DO MODELO

Este estudo constitui a primeira tentativa de proposta de um modelo de atribuição de subclasses vocais que considera fenómenos responsáveis pela produção, controlo e perceção da voz enquanto instrumento musical. Para tal, profissionais ligados à formação e empregabilidade de cantores realizaram avaliações vocais através do método mais comum - a perceção auditiva. Esta foi complementada por parâmetros acústicos, forma mais objetiva de medição da intensidade e timbre sonoros e parâmetros fisiológicos e aerodinâmicos, representativos de padrões de mobilidade das pregas vocais.

Um aspeto inovador deste projeto relaciona-se com a complementaridade dos dados que, ao serem triangulados, permitiram um entendimento mais aprofundado de quais as medidas quantitativas que melhor se poderiam relacionar com os resultados de uma avaliação perceptual, aplicada nos sistemas de classificação vigentes. Estudos anteriores apresentaram padrões de avaliação auditiva, outros acústicos e outros ainda fisiológicos (nomeadamente P_{sub}); contudo, o cruzamento deste tipo de dados foi ainda pouco explorado.

O controlo do processo de recolha de dados constitui também uma mais-valia. O equipamento utilizado oferece a vantagem de gravações simultâneas de diferentes aspetos de produção e controlo da voz, nomeadamente do sinal eletrolaringográfico, de pressão intraoral (que fornece uma estimativa plausível da pressão subglótica), de fluxo de ar transglótico e áudio. Assim sendo, revela-se um equipamento único em termos de potencialidades na investigação e no ensino do canto, já que oferece também a possibilidade de *feedback* em tempo-real.

Deste trabalho concluiu-se que, dos modelos obtidos do cruzamento de dados, o que melhor prevê a atribuição de subclasses vocais baseada numa avaliação auditiva é um *Modelo Tridimensional*, constituído por uma avaliação perceptual, acústica e fisiológica da voz. Dentro da avaliação auditiva, o uso de uma VAS revelou-se determinante, já que a atribuição de subclasses vocais baseada na audição é uma tarefa subjetiva; dentro dos parâmetros acústicos, o que se revelou como fundamental para a distinção de diferentes subclasses de vozes foi o Leq – sopranos com uma classificação mais elevada na VAS possuem valores de Leq mais elevados; no que concerne aos parâmetros fisiológicos, o PTP específico à nota Si4 foi o indicado como

determinante. Assim, propõe-se um *Modelo Tridimensional*, representado na Figura 16. Observam-se três *clusters* bem definidos de subclassificações: as sopranos S1 e S2 no primeiro *cluster*, as sopranos S3, S4, S5, S6, S7 e S8 no segundo, e as sopranos S9, S10 e S11 no terceiro *cluster*. Os três parâmetros – média de avaliação percetual, Leq e PTP Si4 – possuem valores crescentes do primeiro para o último *cluster*. Verifica-se a coincidência destes *clusters* com a forma como as sopranos foram agrupadas no gráfico de médias de avaliação percetual, i.e., uma divisão em quartis: as sopranos incluídas no primeiro quartil são as mesmas do primeiro *cluster*; as sopranos incluídas no segundo quartil são as que estão no segundo *cluster* e as pertencentes ao terceiro quartil encontram-se no terceiro *cluster*. Dada a inexistência de sopranos no quarto quartil, a questão que se coloca é se será possível existir um quarto *cluster* onde serão incluídas as vozes que obtenham valores de avaliação percetual elevados; por outras palavras, existirão vozes que correspondam ao último quartil de médias de avaliação percetual?

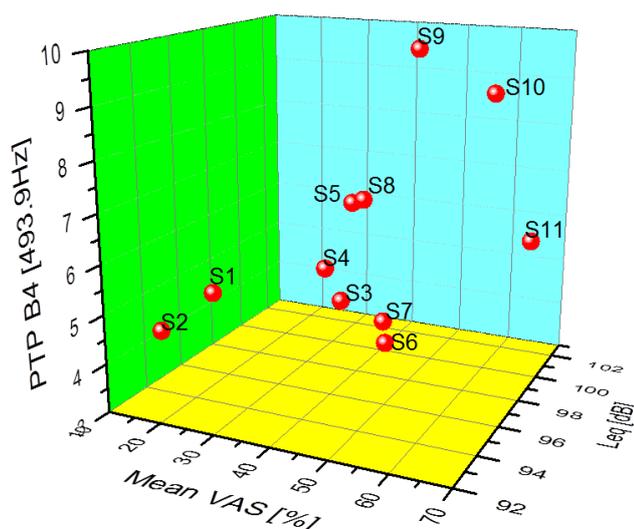


Figura 16. Representação esquemática da localização de cada soprano no modelo que melhor prediz os resultados da classificação percetual auditiva dos sopranos. O eixo dos xx representa a média de valores atribuídos pela avaliação percetual [%VAS]; o eixo dos yy representa os valores de Leq [dB] e o eixo dos zz os valores de PTP para a nota Si4 [cmH20].

7.2. IMPLICAÇÕES PARA O FUTURO

Um aspeto que deverá ser tomado em conta num futuro estudo será o de possuir dois grupos de participantes: os que ainda se encontram em formação vocal (i.e., estudantes) e os já profissionais com carreira estabelecida. Desta forma, não só se beneficiaria a avaliação percetual, pois a heterogeneidade do grupo a avaliar não seria tão grande, como se verificava a

aplicabilidade do modelo de classificação vocal em diferentes estados de desenvolvimento vocal do cantor, tentando responder à questão de quando será mais apropriado ter por base um modelo de avaliação vocal mais robusto.

Uma outra implicação para o futuro será testar o modelo aqui encontrado com as restantes categorias de vozes: mezzo-sopranos, contraltos, tenores, barítonos e baixos. É possível que os parâmetros perceptuais, acústicos, fisiológicos e aerodinâmicos variem consoante a categoria vocal, tendo em conta que diferenças morfológicas são muito mais significativas entre vozes de categorias diferentes do que entre vozes pertencentes à mesma categoria.

Finalmente, uma outra possível direção de investigação aberta por este projeto será a da procura de uma ferramenta auxiliar de classificação vocal, aplicável em contextos como o da sala de aula de canto. Por exemplo, se por um lado a medição do PTP será mais difícil de usar por professores de canto e alunos, o mesmo não se aplica às medidas acústicas vocais: o Leq constitui um parâmetro relativamente fácil de ser medido, necessitando apenas de um microfone omnidirecional ligado a um *software* de processamento de sinal da voz cantada (como por exemplo o WaveSurfer - KTH, Estocolmo, Suécia) e a realização das gravações numa sala que apresente condições acústicas de pouca reverberação. Assim, seria possível criar medidas complementares de avaliação vocal que contribuíssem para a atribuição de uma subclasse vocal a um dado cantor de uma forma bem mais fiável.

7.3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo constitui um exemplo de como será importante ao ensino e à prática do canto procurar um modelo que combine avaliações perceptuais auditivas de vozes (elaboradas por um vasto painel de avaliadores experientes) e avaliações objetivas dos diferentes parâmetros que controlam a produção e qualidade sonoras vocais, nomeadamente a pressão subglótica, parâmetros que traduzem a adução e abdução e a tensão e a extensão das pregas vocais e parâmetros que reflitam as características acústicas individuais. A classificação vocal constitui um elemento crucial no desenvolvimento de mestria no canto (Miller, 2000). Contudo, hoje em dia existem sistemas de classificação vocal em constante competição na atribuição de uma subclasse vocal mais acertada, em parte devido à complexidade do processo e à sua natureza multifatorial que também inclui medidas mais subjetivas. Assim sendo, a procura de um modelo que possa ser complementar aos sistemas de classificação em vigor parece ser um tema de investigação

premente. O esquema aqui proposto (representado na Figura 17) enfatiza o já exposto por outros autores: um só parâmetro - seja ele perceptual, acústico, fisiológico ou aerodinâmico - não será suficiente para dividir as categorias vocais principais nas suas várias subclasses. O modelo obtido como melhor predictor de uma subclasse vocal baseada na percepção auditiva, e por isso um modelo complementar a esta, veio revelar que são necessários pelo menos dois parâmetros (um acústico e um fisiológico) para prever cerca de 70% das classificações atribuídas. Embora ainda com um carácter exploratório, este modelo aponta no sentido da confirmação da natureza multifatorial e complexa do processo de atribuição de subclasses vocais, sugerindo a necessidade da implementação de equipas interdisciplinares que possam fazer um melhor acompanhamento da formação de um jovem cantor.

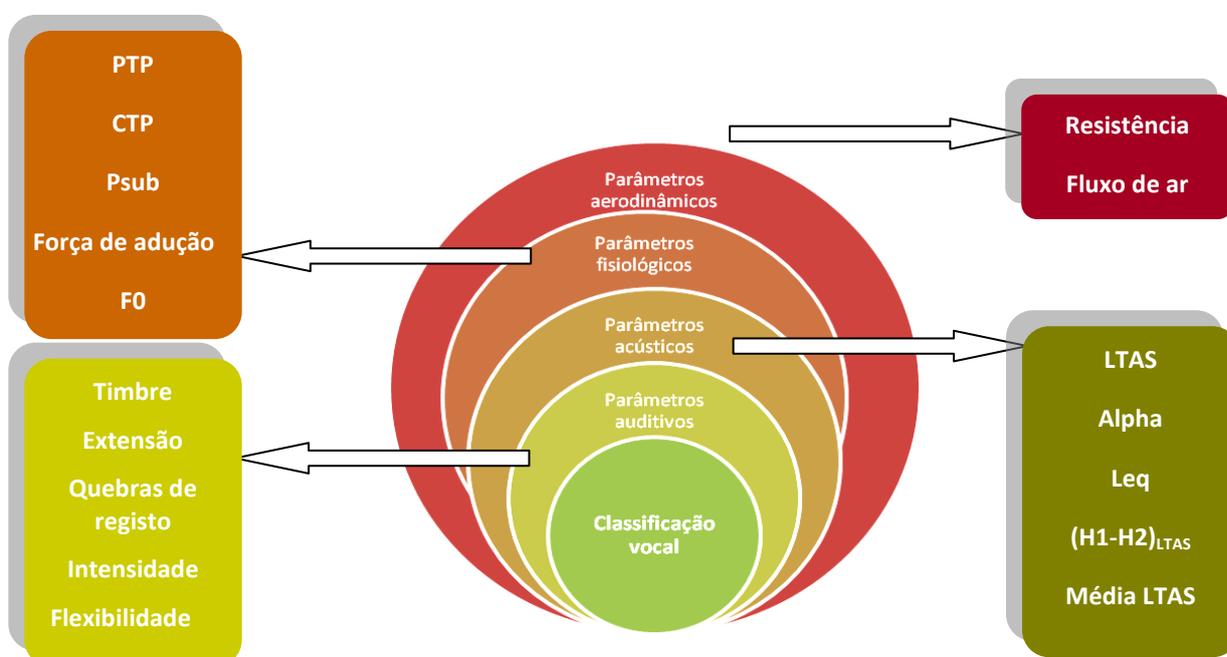


Figura 17. Parâmetros de avaliação propostos para uma avaliação vocal mais fidedigna entre diferentes subclasses vocais.

A autora gostaria de deixar expresso o carinho e dedicação dedicados a este projeto ao longo de dois anos. Este trabalho contribuiu para o seu crescimento enquanto artista e o seu nascimento enquanto cientista, promovendo todos os dias uma vontade cada vez maior de saber mais sobre Ciência Vocal, poder aplicar esse conhecimento nas suas performances, nas aulas em que toma parte, e espalhar aos quatro ventos o quão mais fácil e gratificante é cantar quando há um perfeito conhecimento do aparelho e mecanismos que se usam para cantar.

CAPÍTULO 8: REFERÊNCIAS

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abberton, E. R. M., Howard, D. M. e Fourcin, A. J. 1989. "Laryngographic Assessment of Normal Voice: A Tutorial." *Clinical Linguistics & Phonetics* 3(3):281-296.
- Baken, R. J. e Orlikoff, R. F. 1987. *Clinical Measurement of Speech and Voice*. San Diego: Singular - Thomson Learning.
- Barrichelo, V. M. O., Heuer, R. J., Dean, C. M. e Sataloff, R. T. 2001. "Comparison of Singer's Formant, Speaker's Ring, and Lta Spectrum among Classical Singers and Untrained Normal Speakers." *Journal of Voice* 15(3):344-350.
- Berg, J. van den e Vennard, W. 1959. "Toward an Objective Vocabulary." *NATS Bull* 15(10).
- Blivet, J.-P. 1999. *Les Voies Du Chant*. Paris: Fayard.
- Chaffin, R. e Lemieux, A.F. 2004. "General Perspectives on Achieving Musical Excellence." Pp. 19-39 in *Musical Excellence - Strategies and Techniques to Enhance Performance*, edited by Williamon, A. Oxford: Oxford University Press.
- Cleveland, T. . 1993. "Toward a Theory of Voice Classification (Part 1)". *Journal of the National Association of Teachers of Singing* 49:30-31.
- Cleveland, T. F. 1977a. "Acoustic Properties of Voice Timbre Types and Their Influence on Voice Classification." *Journal of the Acoustical Society of America* 61(6):1622-1629.
- Cleveland, T.F. 1977b. "Long-Time Average Spectra in Estimating Voice Classification." in *Sixth Symposium, Care of the Professional Voice*, Vol. 103, edited by Lawrence, V. New York: The Voice Foundation.
- Coffin, B. 1956. *The Singer's Repertoire*. New Brunswick: The Scarecrow Press.
- Dmitriev, L. e Kiselev, A. 1979. "Relationship between the Formant Structure of Different Types of Singing Voices and the Dimensions of the Supraglottal Cavities." *Folia Phoniatica et Logopaedica* 31:238-241.
- Ekholm, E., Papagiannis, G. C. e Chagnon, F. P. 1998. "Relating Objective Measurements to Expert Evaluation of Voice Quality in Western Classical Singing: Critical Perceptual Parameters." *Journal of Voice* 12(2):182-196.
- Enflo, L. e Sundberg, J. 2009. "Vocal Fold Collision Threshold Pressure: An Alternative to Phonation Threshold Pressure?". *Logopedics Phoniatics Vocology* 34:210-217.
- Enflo, L., Sundberg, J. e Pabst, F. 2009. "Effects of Vocal Loading on the Phonation and Collision Threshold Pressures." in *FONETIK 2009*, edited by Linguistics, D. o. Stockholm.
- Erickson, M. . 2003. "Dissimilarity and the Classification of Female Singing Voices: A Preliminary Study.". *Journal of Voice* 17(2):195-206.
- Erickson, M. L. 2004. "The Interaction of Formant Frequency and Pitch in the Perception of Voice Category and Jaw Opening in Female Singers." *Journal of Voice* 18(1):24-37.
- Flemming, R. . 2004. *The Inner Voice: The Making of a Singer*. London: Penguin Books, Ltd.

- Frøkjær-Jensen, B. e Prytz, S. 1976. "Registration of Voice Quality." *Brüel & Kjaer Technical Review* 3:3-17.
- Haddad, N. 2004. *Metodologia De Estudos Em Ciências Da Saúde: Como Planejar, Analisar E Apresentar Um Trabalho Científico*. São Paulo: Editora Roca.
- Henrich, N., Bezard, P., Expert, R., Garnier, M., Guerin, C., Pillot, C., Quattrocchi, S., Roubeau, B. e Terk, B. 2008. "Towards a Common Terminology to Describe Voice Quality in Western Lyrical Singing: Contribution of a Multidisciplinary Research Group." *Journal of Interdisciplinary Music Studies* 2(1 & 2):71-93.
- Holmberg, E. B., Perkell, J. S. e Hillman, R. E. 1987. "Methods for Using a Non-Invasive Technique for Estimating Glottal Function from Oral Measurements." *MIT Working Papers* 4:47-58.
- Johnson, A. M. e Kempster, G. B. 2011. "Classification of the Classical Male Singing Voice Using Long-Term Average Spectrum." *Journal of Voice* 25(5):538-543.
- Kagen, S. 1960. *On Study Singing*. New York: Dover.
- Kitzing, P. 1986. "Ltas Criteria Pertinent to the Measurement of Voice Quality." *Journal of Phonetics* 14:477-482.
- Klasmeyer, G. e Sendlmeier, W. F. 2000. "Voice and Emotional States." in *Voice Quality Measurement*, edited by Kent, R. D. e Ball, M. J. San Diego.
- Kloiber, R., Konold, W. e Maschka, R. . 2002. *Handbuch Der Oper*. München: Deutscher Taschenbuch Verlag.
- Lã, F.M.B. e Sundberg, J. 2012. "Pregnancy and the Singing Voice: Reports from a Case Study." *Journal of Voice* 26(4):431-439.
- Lamarche, A., Ternström, S. e Pabon, P. 2010. "The Singer's Voice Range Profile: Female Professional Opera Soloists." *Journal of Voice* 24(4):410-426.
- Legge, A. 2001. *The Art of Auditioning: A Handbook for Singers, Accompanists and Coaches*. London: Edition Peters.
- Lindblom, B. e Sundberg, J. 2007. "The Human Voice in Speech and Singing,." Pp. 669-712 in *Springer Handbook of Acoustics*, edited by Rossing, T. D. Stanford: Springer.
- McCoy, S. 2004. *Your Voice: An inside View*. Delaware, OH: Inside View Press.
- McGinnis, P. Y. 2010. *The Opera Singer's Career Guide: Understanding the European Fach System*, Edited by Willis, M. M. Plymouth: Scarecrow Press.
- Mendes, A. P., Rothman, H. B., Sapienza, C. e Brown, W. S. 2003. "Effects of Vocal Training on the Acoustic Parameters of the Singing Voice." *Journal of Voice* 17(4):529-543.
- Miller, R. 1977. *English, French, German and Italian Techniques of Singing: A Study in National Tonal Preferences and How They Relate to Functional Efficiency*. Metuchen, N.J.: The Scarecrow Press, Inc.
- Miller, R. 1986. *The Structure of Singing: System and Art in Vocal Technique*. New York: Schirmer Books.
- Miller, R. 2000. *Training Soprano Voices*. New York: Oxford University Press.
- Nordenberg, M. e Sundberg, J. 2004. "Effect on Ltas of Vocal Loudness Variation." *Logopedics Phoniatrics Vocology* 29:183-191.

- Omori, K., Kacker, A., Carroll, L. M., Riley, W. D. e Blaugrund, S. M. 1996. "Singing Power Ratio: Quantitative Evaluation of Singing Voice Quality." *Journal of Voice* 10(3):228-235.
- Roers, F., Mürbe, D e Sundberg, J. 2009a. "Predicted Singers' Vocal Fold Lengths and Voice Classification - a Study of X-Ray Morphological Measures." *Journal of Voice* 23(4):408-413.
- Roers, F., Mürbe, D. e Sundberg, J. 2009b. "Voice Classification and Vocal Tract of Singers: A Study of X-Ray Images and Morphology." *Journal of the Acoustical Society of America* 125(1):503-512.
- Rothenberg, M. 1977. "Measurement of Airflow in Speech." *Journal of Speech and Hearing Research* 20:155-176.
- Rothenberg, M. 1982. "Interpolating Subglottal Pressure from Oral Pressure." *Journal of Speech and hearing Disorders* 47:218-224.
- Sataloff, R. T. 1998. "Clinical Anatomy and Physiology of the Voice." Pp. 29-63 in *Vocal Health and Pedagogy: Advanced Assessment and Treatment*, Vol. 2, edited by Sataloff, R. T. San Diego: Plural Publishing, Inc.
- Scherer, K. R. 1986. "Vocal Affect Expression: A Review and a Model for Future Research." *Psychological Bulletin* 99(143-165).
- Scherer, R. C. e Guo, C.-G. 1991. "Generalized Translaryngeal Pressure Coefficient for a Wide Range of Laryngeal Configurations." Pp. 83-90 in *Vocal Fold Physiology: Acoustic, Perceptual and Physiological Aspects of Voice Mechanisms*, edited by Gauffin, J. e Hammarberg, B. San Diego: Singular Publishing Group.
- Shrivastav, R. e Wingate, J. 2008. "Perceptual Attributes and Assessment of the Singer's Voice." in *The Singer's Voice*, edited by Benninger, M. S. e Murry, T. San Diego: Plural Publishing, Inc.
- Solomon, N. P. e DiMattia, M. S. 2000. "Effects of a Vocally Fatiguing Task and Systemic Hydration on Phonation Threshold Pressure." *Journal of Voice* 14(3):341-362.
- Solomon, N. P. 2011. "Assessment of Laryngeal Airway Resistance and Phonation Threshold Pressure: Glottal Enterprises." in *Handbook of Voice Assessments*, edited by Ma, E. P.-M. e Yiu, E. M.-L. San Diego: Plural Publishing, Inc.
- Stevens, K. N. 2000. *Acoustic Phonetics*. Massachusetts: MIT Press.
- Stone Jr, R.E., Cleveland, T.F., Sundberg, J. e Prokop, J. 2003. "Aerodynamic and Acoustical Measures of Speech, Operatic and Broadway Vocal Styles in a Professional Female Singer." *Journal of Voice* 17(3):283-297.
- Sundberg, J. 1987. *The Science of the Singing Voice*. DeKalb: Northern Illinois University Press.
- Sundberg, J. 2001. "Level and Center Frequency of the Singer's Formant." *Journal of Voice* 15:176-186.
- Sundberg, J. e Nordenberg, M. 2006. "Effects of Vocal Loudness Variation on Spectrum Balance as Reflected by the Alpha Measure of Long-Term-Average Spectra of Speech." *Journal of the Acoustical Society of America* 120(1):453-457.
- Sundberg, J., Lã, F. M. B. e Gill, B. P. 2011. "Professional Male Singers' Formant Tuning Strategies for the Vowel /a/." *Logopedics Phoniatrics Vocology* 36(4):156-167.

- Svec, J. G. e Granqvist, S. 2010. "Guidelines for Selecting Microphones for Human Voice Production Research." *American Journal of Speech-Language Pathology* 19:356-368.
- Thurman, L., Theimer, A., Welch, G., Feit, P. e Grefsheim, E. . 2000. "The Big Picture." in *Bodymind & Voice: Foundations of Voice Education*, edited by Thurman, L. e Welch, G. Iowa: The Voice Care Network.
- Thurmer, S. 1988. "The Tessiturogram." *Journal of Voice* 2(4):327-329.
- Titze, I. R. 1988. "The Physics of Small-Amplitude Oscillation of the Vocal Folds." *Journal of the Acoustical Society of America* 83(4):1536-1552.
- Titze, I. R. 1992. "Phonation Threshold Pressure: A Missing Link in Glottal Aerodynamics." *Journal of the Acoustical Society of America* 91(5):2926-2935.
- Titze, I. R. 1994. *Principles of Voice Production*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall.
- Titze, I. R. 2009. "Phonation Threshold Pressure Measurement with a Semi-Occluded Vocal Tract." *Journal of Speech, Language and Hearing Research* 52:1062-1072.
- Verdolini-Marston, K., Titze, I. R. e Druker, D. G. 1990. "Changes in Phonation Threshold Pressure with Induced Conditions of Hydration." *Journal of Voice* 4(2):142-151.
- Wapnick, J. e Ekholm, E. 1997. "Expert Consensus in Solo Voice Performance Evaluation." *Journal of Voice* 11(4):429-436.
- Zahner, P. 2000. "Vocal Pedagogy and Appropriate Repertoire for Pre-Adolescent Children." Final Project, Choral Resources.

APÊNDICES

QUESTIONÁRIO PARA CARACTERIZAÇÃO DA AMOSTRA DE CANTORAS

Gostaria de pedir algum do seu tempo para responder a um questionário. Este pequeno questionário destina-se a recolher alguns dados adicionais, que serão analisados em articulação com as gravações realizadas no âmbito da investigação conducente à minha tese. Este questionário é de tipo aberto, pelo que não há respostas certas ou erradas, há as *suas* respostas. Muito obrigada pela sua cooperação! 😊

1. Nome:
2. Idade:
3. Há quantos anos canta profissionalmente?
4. Quando começou a estudar Canto?
5. Com que professores estuda/estudou regularmente?
6. Dos vários tipos de soprano, com qual se identifica mais vocalmente e timbricamente?
7. Aponte as características do repertório que lhe causam maior dificuldade na sua performance enquanto cantora.
8. Indique as características do seu repertório com que lida mais facilmente.
9. É fumadora?
10. Toma algum medicamento de forma continuada?
11. Alguma vez foi sujeita a alguma intervenção cirúrgica que acha que possa ter interferido com o seu aparelho vocal?

Mais uma vez, muito obrigada pela sua participação!

Sara Cláudio

Mestrado em Música

Departamento de Comunicação e Arte da Universidade de Aveiro

PROJETO DE MESTRADO: características aerodinâmicas dos diferentes tipos de soprano

Caro participante

Em anexo apresenta-se um CD-ROM contendo 22 excertos áudio da ária “*O mio babbino caro*”, da ópera Gianni Schicchi de G. Puccini.

Após a audição de cada excerto apresentado, gostaríamos que avaliasse perceptualmente o tipo de soprano que acabou de ouvir, em termos de classificação vocal. Pedimos que coloque uma marca vertical perpendicular à linha horizontal apresentada para cada excerto, tendo em conta que: (i) quanto mais próximo do início do lado esquerdo da linha colocar a marca, mais a sua classificação penderá para “soprano ligeiro”; (ii) quanto mais próximo do início do lado direito da linha colocar a marca, mais a sua classificação penderá para “soprano dramático”.

Gostaríamos que, por uma questão de caracterização da nossa amostra de avaliadores, pudesse igualmente responder às questões sobre a sua prática vocal.

Este teste percetual auditivo é completamente anónimo. O tratamento de dados será realizado com o maior respeito e os seus resultados usados apenas para efeitos de investigação.

Este teste constitui um dos momentos de recolha de dados para o meu projeto de Mestrado em Música, pelo que a sua participação como avaliador é fundamental à conclusão do mesmo.

Muito agradecida pela sua participação.
Os meus cumprimentos,

Sara Cláudio

Aluna de Mestrado em Música
Departamento de Comunicação e Arte
Universidade de Aveiro
Campus Universitário de Santiago
3810-193 Aveiro
Telf. 91 8465259
E-mail: sara.claudio@gmail.com

QUESTIONÁRIO

Para as questões que se seguem, por favor escolha apenas uma opção de resposta para cada questão.

A. INFORMAÇÃO PESSOAL

Q1. Sexo:



Q2. Idade:

26-31

32-37

38-43

>44

Q3. Qual é a sua principal atividade profissional atual?

Sou cantor profissional

Sou professor de canto

Sou professor de canto e cantor profissional

Sou estudante de canto

Q4. Há quantos anos desempenha a atividade profissional referida na questão anterior?

< 5 anos

6 – 10 anos

> 10 anos

Q5. Que tipo de formação académica possui?

Conservatório ou escola profissional de Música

Licenciatura em Música

Mestrado em Música - Performance

Mestrado em Pedagogia da Música

Doutoramento em Música

Estudos mais avançados

B. ATIVIDADES MUSICAIS

Q6. Quanto tempo por dia ouve gravações de cantores líricos?

< 1 hora por dia

1 – 2 horas por dia

3 – 4 horas por dia

> 4 horas por dia

Q7. Com que frequência assiste a concertos de canto lírico por ano?

< 5 vezes por ano

5 – 10 vezes por ano

11 – 20 vezes por ano

21-30 vezes por ano

≥ 30 vezes por ano

C. TESTE PERCETUAL AUDITIVO

Q8. Para cada excerto de canto apresentado (total de 22 excertos, separados com um intervalo de cerca de 4 segundos), por favor coloque uma marca vertical perpendicular à linha horizontal para classificar o tipo de soprano que acabou de ouvir.

Q8.1. Excerto #1

(Soprano ligeiro) _____ (Soprano dramático)

Q8.2. Excerto #2

(Soprano ligeiro) _____ (Soprano dramático)

Q8.3. Excerto #3

(Soprano ligeiro) _____ (Soprano dramático)

Q8.4. Excerto #4

(Soprano ligeiro) _____ (Soprano dramático)

Q8.5. Excerto #5

(Soprano ligeiro) _____ (Soprano dramático)

Q8.6. Excerto #6

(Soprano ligeiro) _____ (Soprano dramático)

Q8.7. Excerto #7

(Soprano ligeiro) _____ (Soprano dramático)

Q8.8. Excerto #8

(Soprano ligeiro) _____ (Soprano dramático)

Q8.9. Excerto #9

(Soprano ligeiro) _____ (Soprano dramático)

Q8.10. Excerto #10

(Soprano ligeiro) _____ (Soprano dramático)

Q8.11. Excerto #11

(Soprano ligeiro) _____ (Soprano dramático)

Q8.12. Excerto #12

(Soprano ligeiro) _____ (Soprano dramático)

Q8.13. Excerto #13

(Soprano ligeiro) _____ (Soprano dramático)

Q8.14. Excerto #14

(Soprano ligeiro) _____ (Soprano dramático)

Q8.15. Excerto #15

(Soprano ligeiro) _____ (Soprano dramático)

Q8.16. Excerto #16

(Soprano ligeiro) _____ (Soprano dramático)

Q8.17. Excerto #17

(Soprano ligeiro) _____ (Soprano dramático)

Q8.18. Excerto #18

(Soprano ligeiro) _____ (Soprano dramático)

Q8.19. Excerto #19

(Soprano ligeiro) _____ (Soprano dramático)

Q8.20. Excerto #20

(Soprano ligeiro) _____ (Soprano dramático)

Q8.21. Excerto #21

(Soprano ligeiro) _____ (Soprano dramático)

Q8.22. Excerto #22

(Soprano ligeiro) _____ (Soprano dramático)

MUITO OBRIGADA PELA SUA PARTICIPAÇÃO!

TESTE DE PERCEÇÃO AUDITIVA

1	Teste de Perceção Auditiva	8:37
---	----------------------------	------