

# Relação entre características objectivas da voz cantada e seus atributos artísticos e estéticos

---

*Relatório final de PDI - 2010/2011*

Vítor Filipe Maia Baptista Fonseca Almeida, ee06047

06-07-2011

## Índice

Índice .....	1
1. Introdução.....	2
2. Enquadramento.....	3
3. Caracterização do estado da arte.....	4
3.1 Voz Cantada. ....	4
3.1.1 Frequência Fundamental. ....	5
3.1.2 Vibrato. ....	5
3.1.3 Formante de cantor. ....	7
3.1.4 Vozeamento. ....	7
3.2 Percepção.....	8
3.2.1 Percepção na voz cantada. ....	8
4. Desenvolvimentos preliminares. ....	12
5. Plano de trabalhos. ....	14
6. Ferramentas e metodologias.....	16
7. Conclusão.....	17
Referências .....	18

## 1. Introdução.

O presente documento relata o estudo e caracterização do estado da arte, o planeamento de tarefas a desenvolver, bem como o trabalho preliminar já desenvolvido no âmbito do projecto de dissertação intitulado de “Relação entre características objectivas da voz cantada e seus atributos artísticos e estéticos”.

Durante este período de preparação, foi feito o levantamento bibliográfico do estado da arte e estudo do mesmo, para além disto foi feito o planeamento das tarefas que serão desenvolvidas, bem como um prévio estudo das metodologias e ferramentas que farão parte da elaboração do projecto.

Foi também levada a cabo uma colaboração no projecto de doutoramento da aluna do Programa Doutoral em Engenharia Biomédica da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Susana Vaz Freitas, intitulado “Correlação entre a avaliação acústica e perceptual na caracterização de vozes patológicas”. Esta colaboração teve o intuito da familiarização com a temática abordada no projecto de dissertação.

## 2. Enquadramento.

O projecto de dissertação “Relação entre características objectivas da voz cantada e seu atributos artísticos e estéticos” enquadra-se num projecto financiado pela Fundação para a Ciência e Tecnologia (FCT) que visa o desenvolvimento de tecnologias interactivas de apoio ao ensino e aprendizagem de canto, bem como para a monitorização preventiva da voz, seja na forma cantada ou falada.

Este projecto FCT é multidisciplinar englobando especialistas nas áreas de ensino de canto, engenharia e laringologia.

Tem como objectivo desenvolver soluções que auxiliem e optimizem o ensino e treino de canto, bem como a sua execução correcta e segura prevenindo eventuais distúrbios vocais. Assim é esperado o desenvolvimento de um sistema de *feedback* visual em tempo real da qualidade de parâmetros da voz cantada.

Este projecto de dissertação enquadra-se como sendo uma das sete tarefas planeadas do projecto FCT, e de parte de uma outra tarefa.

A tarefa de co-relacionamento entre características subjectivas e parâmetros acústicos da voz cantada tem como objectivo identificar e caracterizar parâmetros de avaliação perceptiva da voz cantada, investigando que características acústicas melhor correlacionam, e desenvolver algoritmos eficientes para estimar essas relações. Estes algoritmos serão então utilizados no desenvolvimento de uma plataforma interactiva de apoio ao ensino de canto para implementação de uma representação visual e em tempo real dos parâmetros perceptivos associados.

### 3. Caracterização do estado da arte.

De um modo geral, a voz humana, como importante órgão de comunicação, tem sido tema para estudos dentro de vários âmbitos, desde o foro médico com estudos da qualidade e da correcta utilização da voz, ao foro forense como estudos para criação de soluções de identificação de orador.

A voz, seja ela falada ou cantada, é o resultado da articulação dos órgãos que compõem o aparelho fonatório humano, sendo assim um fenómeno sujeito a variações recorrentes de vários factores, como condições físicas, psicológicas, médicas ou de postura.

Devido a estas características complexas do sistema de voz, surge a necessidade de estudo e co-relacionamento entre várias características de forma a melhor poder compreender o seu mecanismo; podendo assim serem criadas soluções de reconhecimento de orador de estudo das condições fisiológicas e psicológicas do orador, de medição de qualidade da voz e no caso da voz cantada, esta poder ser avaliada e qualitativo tanto do ponto de vista da saúde como do ponto de vista artístico e estético.

#### 3.1 Voz Cantada.

Falar e cantar são dois modos do mesmo sistema [1]; sendo que os dois têm muitas propriedades em comum por serem produtos do mesmo mecanismo, mas há importantes diferenças entre os dois, desde diferenças perceptivas às diferentes características acústicas. Resultados de estudos mostram que um humano distingue voz cantada de voz falada com 70% e 95% de exactidão para amostras de 300 milissegundos e 1 segundo respectivamente [2].

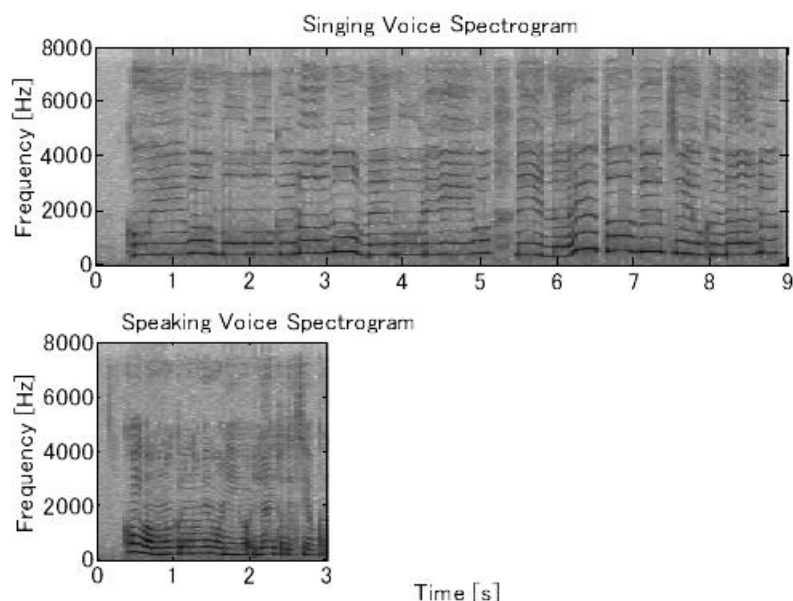


Imagem 1 - Espectrogramas da mesma frase na forma cantada e falada.

Segundo estudos de Johan Sundberg, os cantores utilizam a voz de uma forma bem diferente dos não cantores, mostrando uma grande independência de parâmetros fonatórios na produção de voz [3].

Existem várias diferenças entre a voz falada e a cantada. As durações dos fonemas das vogais no caso da voz cantada são superiores às da voz falada; sendo o *loudness* (intensidade), na voz cantada normalmente superior ao da voz falada, para além de na forma cantada haver partes muito estáveis, enquanto que na forma falada existem partes pouco estáveis. Quanto ao *pitch* (frequência fundamental), geralmente é superior na forma cantada em relação à forma falada, sendo que na forma cantada há partes estáveis onde poderá existir vibrato.

### 3.1.1 Frequência Fundamental.

Pela frequência fundamental também podemos distinguir a voz cantada da voz falada, esta na voz falada tem um intervalo dinâmico muito menor em relação ao intervalo dinâmico na voz cantada [4]. Para além desta diferença, na voz cantada a potência da frequência fundamental é também ela superior à da voz falada. Normalmente, a frequência fundamental é superior na voz cantada em relação à voz falada; na voz falada a frequência fundamental está compreendida entre os 80 e os 400 Hz, enquanto que na voz cantada a gama é mais ampla podendo chegar ao 1400 Hz na voz de um soprano [5].

Na voz falada a variação da frequência fundamental está associada a estados emocionais [4] enquanto a variação no caso da voz cantada, é controlada pelo cantor [6].

A nível perceptivo, e numa primeira instância, correlaciona-se directamente a frequência fundamental com o *Pitch* ou “altura” do som.

### 3.1.2 Vibrato.

Uma outra importante característica acústica da voz cantada é o vibrato, que do ponto de vista perceptivo é uma modificação periódica ou quase periódica da frequência fundamental de uma determinada nota [7]. Não existe na voz falada sendo então considerada uma especificação musical [8] que não se encontra presente somente na voz, mas em instrumentos musicais. De facto é mais evidente perceptivamente a sua presença nestes instrumentos musicais do que na voz [7].

Do ponto de vista acústico consiste numa variação de frequência de um conjunto de parciais que compõem a voz, como ilustrado na imagem 2, normalmente acompanhada também de uma variação de amplitude [8]. Esta condição acústica está relacionada com características perceptivas tais como *pitch*, timbre e sonoridade; sendo que destas o *pitch* é o mais estudado [9].

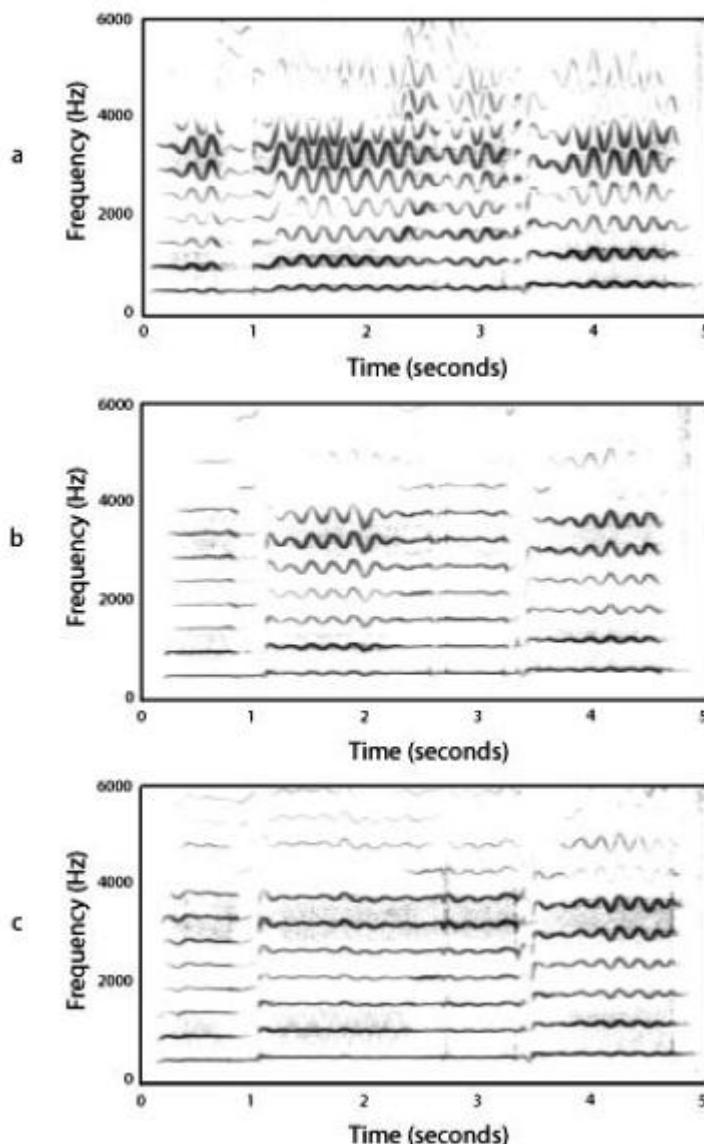


Imagem 2 - Exemplos de vibrato.

Embora seja uma das características mais abordadas no estudo do canto, muitos aspectos permanecem ainda pouco claros; como a razão dos seus aspectos acústicos mais relevantes ou a relação com aspectos psicológicos [9].

O vibrato pode ser caracterizado pela sua frequência, a sua regularidade, extensão e forma de onda [10]. A frequência do vibrato é considerada constante para cada cantor, sendo difícil essa frequência ser alterado até pelo treino [3] e normalmente encontra-se compreendida entre os 5 e 7 Hz [3, 7, 10].

O seu estudo tem sido levado a cabo seguindo abordagens diferentes dependendo da relação ou característica a estudar, os investigadores tem escolhido a abordagem que acham mais pertinente para o caso.

Estudos que contemplam só a variação da amplitude no vibrato foram levados a cabo recorrendo a uma abordagem de modelo sinusoidal [9] sem dar grande importância à relação entre a variação da amplitude e a variação da frequência, ignorando processos importantes presentes na produção de voz utilizando modelos de sinais puros [9].

Devido à complexidade na produção de voz, e sem descurar os processos que nas abordagens de modelo sinusoidal são ignorados, entres os quais a relação entre a cavidade subglótica e a supraglótica, têm sido utilizadas abordagens de sistemas interactivos fonte-tracto no estudo do vibrato [11].

Quanto a uma possível correlação com características perceptivas para além da sentida variação da nota, as definições perceptivas sobre o vibrato baseiam-se na sua qualidade, considerando o vibrato como uma característica perceptiva.

Segundo Johan Sundberg, vibratos abaixo do 5.5 kHz são vibratos demasiado lentos e acima dos 7.5 kHz são demasiados nervosos [3].

### 3.1.3 Formante de cantor.

Do ponto de vista acústico, uma das principais características que destaca a voz cantada da voz falada é a existência de um formante extra de elevada energia situado entre os 2000 e os 3500 Hz, vulgarmente designado de formante dos cantores [3] que facilita a percepção da voz do cantor quando o canto é acompanhado por orquestra [12].

De acordo com estudos anteriores é um fenómeno de ressonância de um conjunto formado pelos formantes 3, 4 e 5 onde a separação entre estes três formantes é menor na voz cantada do que na voz falada.

O nível e a frequência central deste formante extra é relacionado com a frequência fundamental, a vogal emitida, a intensidade entre outros factores acústicos [3, 4, 12].

Segundo Bloothoof e Plomp o nível do formante de cantor aumenta de entre 16 e 19 dB, dependendo do cantor ou da vogal por cada aumento do nível de som global em 10 dB [12].

Quanto à frequência central deste formante, segundo Johan Sundberg, vai estar relacionado com a classificação da voz; sendo menor para cantores cuja a voz é classificada como baixos e maior para tenores [12]; no mesmo estudo, também, Johan Sundberg mostrou que para a maioria dos sopranos se observam dois picos no formante do cantor, que sugere que os formantes que o constituem não se encontram muito próximos [12].

Sendo um fenómeno de ressonância, é normalmente associado a características perceptivas também relacionadas com a ressonância [13].

### 3.1.4 Vozeamento.

Outra característica da voz cantada em relação à voz falada é o rácio de som vozeado e não vozeado que constituem esses dois modos. Enquanto, segundo Cook, na voz falada teremos um rácio de 60% de sons vozeados, no caso da voz cantada esse rácio pode subir até aos 95% [4].

Para além deste aumento do rácio de sons vozeados é também possível que algumas vogais, sons vozeados, sejam modificadas propositadamente ou involuntariamente no caso da voz cantada [6].



## 3.2 Percepção.

A qualidade da voz, seja do ponto de vista médico ou artístico, tem sido um dos temas abordados por investigadores, mas definir a qualidade da voz é problemático, pois a qualidade de um som está normalmente associada à sensação auditiva [14] que claramente é multidimensional. Neste sentido aparece a necessidade de estudar a correlação entre características perceptivas e características acústicas da voz, como uma alternativa, tanto para a medição da qualidade da voz falada, como da voz cantada.

Existem estudos com resultados contraditórios em relação à correlação entre os parâmetros de avaliação perceptiva e as características acústicas; isto provavelmente acontece por existirem várias normalizações para avaliação de voz, não havendo em certos casos consenso nas suas definições.

Estudos sobre a correlação dos parâmetros GIRBAS para avaliação de vozes patológicas e características acústicas da voz, chegam à conclusão que esta correlação, a existir não é obtida linearmente por nenhum dos conhecidos parâmetros acústicos; havendo vários motivos que dificultam este co-relacionamento [15].

Para além de em algumas das definições de parâmetros perceptivos já normalizados não haver correlação directa entre esses parâmetros e as características acústicas mais conhecidas, temos também o problema de uma avaliação perceptiva de uma voz depende fortemente do avaliador que escuta a voz e que tem de julgar se o som escutado é similar ou não com um outro som de referência [14].

### 3.2.1 Percepção na voz cantada.

Do ponto de vista da voz cantada, como no ponto de vista das vozes patológicas, a questão de avaliação perceptiva é muito subjectiva e pouco precisa, podemos ter uma avaliação de uma voz baseada em regras já pré-definidas ou uma descrição pessoal da voz.

A nível perceptivo, existem vários estudos referentes não à classificação do tipo de voz, como é o objectivo deste projecto, mas referentes a estilos musicais. Embora esta discrepância de objectivos, algumas características destes estudos são interessantes do ponto de vista da classificação do tipo de voz, visto que alguns estilos são directamente relacionados a certos tipos de voz e as características acústicas estudadas são próximas das que vão ser estudadas neste projecto.

No estudo de Caitlin J. Butte intitulado *Perturbation and Nonlinear Dynamic Analysis of Different Singing Styles*, utilizando análise de perturbações e de dinâmica não linear, a autora estuda a correlação entre características acústicas e diversos estilos musicais [16], pode-se verificar que em estilos musicais diferentes se verificam características acústicas também diferentes como mostra a imagem 3.

6 de Julho de 2011

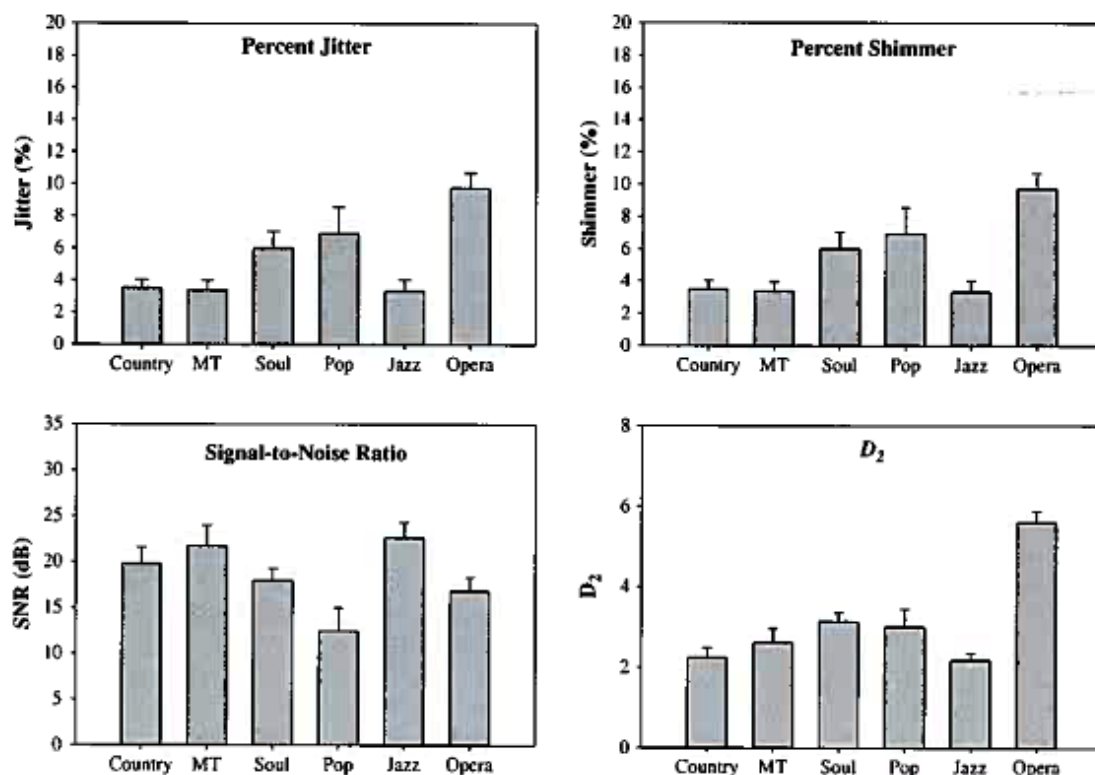


Imagem 3 - Jitter, Shimmer, SNR e D<sub>2</sub> para 6 estilos de música.

A nível da avaliação e descrição de uma voz cantada, a linguagem para descrever esse som da voz cantada é muito variada e deste exercício de avaliação podem aparecer termos como lírica, dramática, soprosa, clara, pesada, nasal, trémula, focada, de entre outros [17].

Do ponto de vista da correlação de classificações do tipo de vozes com características acústicas, normalmente encontramos associações com o *pitch*, frequência fundamental e com o formante do cantor no caso de características perceptivas de ressonância [13]. Para algumas definições também se encontra alguma correlação com o vibrato, mas como já definido, normalmente o vibrato não é associado por si só a uma característica perceptiva, visto que este derivar do *pitch* e da sua variação.

A nível de avaliação de vozes estão estabelecidos parâmetros de avaliação quanto à extensão vocal, que se refere ao grupo de notas que um cantor consegue produzir independentemente da qualidade dessas notas; estas avaliações são já bastante estudadas no que refere a características espectrais acústicas do som.

Algumas definições foram tomadas para certos termos de avaliação vocal. Por exemplo a caracterização de uma voz brilhante ou escura demonstra a complexidade da voz, pois são muito poucas as vozes que são exclusivamente claras ou escuras, contendo normalmente elementos das duas classificações [17]. Uma voz brilhante está relacionada com o brilho e o poder, energia de execução, normalmente tendo um *pitch* elevado, enquanto uma escura tem um baixo *pitch* estando associada a calor e plenitude. Sendo que este parâmetro de classificação está associados à distribuição espectral de energia.

Também existem descrições de sons consoante a percepção da origem desses sons; os posteriores, que dão a sensação de serem produzidos na garganta ou na raiz da língua, e que estão normalmente associados a tons escuros; e os avançados associados a sons mais brilhantes, e que dão a sensação de serem produzidos na caixa-de-ressonância bucal [17].

Podemos também definir as vozes consoante a quantidade de ar que é expelido na sua produção, temos então o caso de uma voz ser mais soprosa, sendo expelido maior quantidade de ar quando esta é produzida sendo a voz acompanhada de um género de ruído, ou o caso de uma voz mais clara, livre, quando essa voz necessita de menor quantidade de ar a ser expelido para ser formada [17]. Existe uma descrição do tipo de voz que também coloca num extremo as vozes claras e limpas, com baixo ruído, e num extremo colocam o tipo de voz rouca, que se diferencia do tipo de voz soprosa no tipo de ruído que acompanha a voz, sendo neste caso um ruído não branco. Normalmente este tipo vocal está associada a patologia vocal, mas alguns cantores incluem deliberadamente este efeito na sua voz [17].

Uma das características perceptivas mais estudadas em relação à voz cantada, em particular em performances clássicas, é a característica de *Ring*. Acusticamente esta característica é uma amplificação nas altas frequências [17], estando normalmente associada ao formante de cantor, que desta forma o cantor consegue que a sua voz sobressaia em relação a uma orquestra. Esta característica está ilustrada na imagem 4.

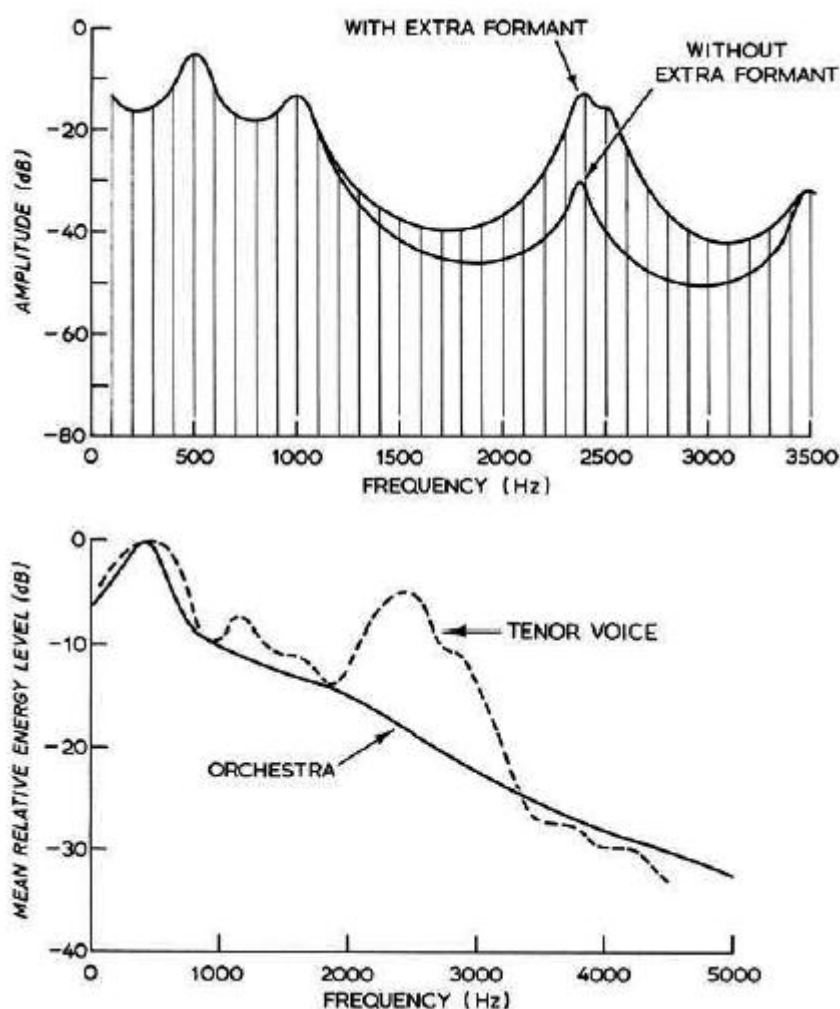


Imagem 4 - Espectro do formante de cantor e sua comparação com a orquestra.

Outra descrição que se pode fazer de uma voz é a existência ou não de timbre nasal. Esta característica acontece quando a via entre a cavidade bucal e a cavidade nasal não se encontra totalmente fechada, ou até se encontra totalmente aberta, fazendo com que haja uma ressonância extra. Alguns especialistas em música dizem que ressonância nasal não deveria existir em voz cantada, enquanto outros especialistas dizem que esta ressonância é

6 de Julho de 2011

importante para a correcta utilização da voz cantada [18]. Perceptivamente, a existência de mais ou menos ressonância nasal acaba por ser uma questão subjectiva e de estética [18].

É claro nestas definições que estas descrições de tipos de vozes se encontram relacionadas umas com as outras.

De notar também que, embora as definições sejam feitas em termos de extremos, poucas são as vozes que realmente se encontram nos extremos destas definições, a maioria das vozes encontra-se em patamares intermédios das várias definições.

Ao longo do tempo, tempo este numa perspectiva longa, é perceptível a evolução das vozes, variando as suas características, tanto variações directamente ligadas com o treino até variações ligadas com desgaste ou envelhecimento dos sistemas fonatórios dos cantores; como por exemplo, para quem acompanhou a carreira de Frank Sinatra notou um aumento de rouquidão na sua voz [17].

## 4. Desenvolvimentos preliminares.

No âmbito da colaboração com a estudante do Programa Doutoral de Engenharia Biomédica Suzana Vaz Freitas e com a colaboração do estudante do Programa Doutoral em Engenharia Electrotécnica e de Computadores Ricardo Sousa, foi criada uma página Web destinada a peritos em patologia vocal avaliarem em termos dos parâmetros perceptivos GRBAS (Grau de alteração vocal, Rugosidade, Soprosidade, Astenia e Tensão) uma base de dados de cem vozes patológicas.

A página Web consiste num *template* de uma página por voz a ser avaliada, com um sistema de pré alocação do ficheiro de áudio a ser ouvido e um conjunto de cinco *sliders* iterativos, um para cada parâmetro dos GRBAS, de forma que a experiencia de avaliação de cada parâmetro seja próxima da analógica. Cada avaliação é guardada numa base de dados SQL construída para o efeito, e com mecanismos que assegurem que no caso da avaliação das vozes não ser feita em uma só sessão, não se percam as avaliações já efectuadas nem a informação de quais as vozes que já foram avaliadas e as que ainda não se avaliaram. Estes mecanismos consistem também numa salvaguarda no caso de existirem problemas com o serviço de Internet, a fim de não se perderem as avaliações já feitas no caso de perda de ligação no decorrer da avaliação.

Durante o desenvolvimento da página Web deparamo-nos com problemas de compatibilidade entre tecnologias e os *browsers* existentes. Assim analisamos várias tecnologias e tomamos a decisão de utilizarmos para o efeito HTML, PHP, *javascript*, SQL e tomamos também a decisão do sistema ser desenvolvido de forma a ser compatível com o Internet Explorer 6.

No âmbito desta colaboração foi também feito um pequeno pré-processamento dos ficheiros de voz a serem avaliados de forma a podermos encontrar algumas irregularidades que poderiam interferir na análise perceptiva. Como resultado foram excluídos dois ficheiros do primeiro grupo de cem por não se encontrarem em condições de serem avaliados tendo logo sido substituídos por outros.

Foi também feita uma análise espectral de forma a eliminarmos ficheiros que mostrassem fracas características espectrais para posterior análise por algoritmos destinados para o efeito. Chegou-se porem à conclusão que essa condição de selecção de vozes para avaliação perceptiva iria condicionar a avaliação pelos peritos, sendo que nesta fase a preocupação é somente a avaliação perceptiva. Sendo assim, esta avaliação acústica ficou sem efeito não tendo sido substituídas nenhuma das vozes já aprovadas para pertencerem à base de dados.

Ainda nesta colaboração foi também feita já a análise dos noventa ficheiros de áudio pertencentes à base de dados que está a ser utilizada. Esta análise foi efectuada utilizando vários *softwares* utilizados em análises de vozes patológicas; assim utilizamos o *software* *VoiceStudio*, o *Dr. Speech*, o MDVP e o *software* gratuito *Praat*.

Foi também feito o levantamento de todas as avaliações perceptivas levadas a cabo pelos peritos utilizando a página criada para o efeito. Estes dados serão agora alvo de estudo estatístico de forma a serem seleccionados os ficheiros para dar seguimento às próximas fases deste estudo.

No âmbito da preparação da minha dissertação foi feito também um levantamento bibliográfico sobre a temática abordada.

Os documentos resultantes desse levantamento bibliográfico foram analisados e estudados de forma a me familiarizar com os estudos já realizados e conclusões obtidas sobre a voz, tanto na vertente do mecanismo de produção e características acústicas, como na vertente da relação dessas características acústicas com atributos perceptivos.

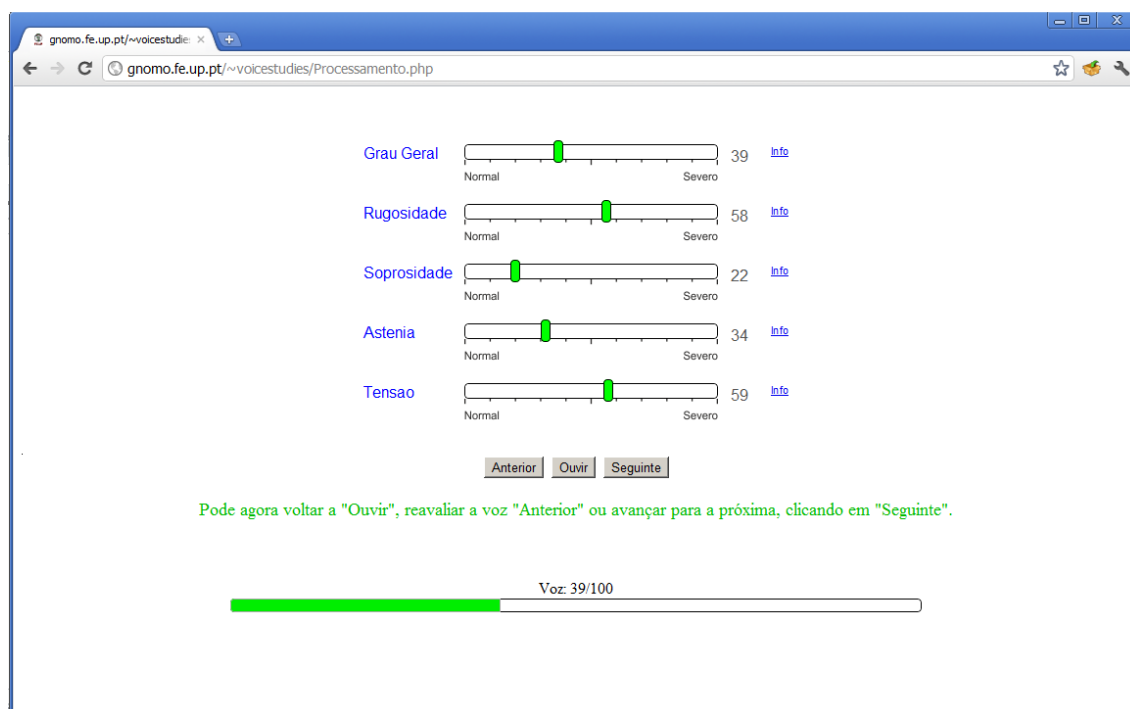


Imagem 5 - Screen da página de avaliação perceptiva de vozes patológicas.

## 5. Plano de trabalhos.

O plano de tarefas de desenvolvimento do projecto de dissertação que está previsto encontra-se descrito na tabela 1 e ilustrado no diagrama 1.

Das tarefas presentes neste plano não está incluída a tarefa e caracterização do estado da arte, já desenvolvida neste documento. Não estão presentes também tarefas de validação de resultados nem estudos de objectivos a atingir para cada tarefa, sendo esta tarefas intrínsecas às tarefas planeadas.

Por este ser um projecto multidisciplinar, que para além da engenharia terá também o ponto de vista da percepção da qualidade da voz cantada e da sua avaliação subjectiva em termos estéticos, algumas das tarefas terão a participação de um perito em canto da Escola Superior de Música e Artes do Espectáculo, com mais presença na tarefa de criação de base de dados de canto e sua pré-classificação. Assim, estas tarefas serão de responsabilidade partilhada.

De notar também que estão planeadas tarefas que se propositadamente já sobrepõem, como o caso da criação da base de dados de canto com a sua avaliação subjectiva e a escrita da dissertação com a preparação da sua apresentação ao júri.

Este plano de tarefas é mutável podendo ao longo do projecto sofrer pequenas alterações para ajustes ou correcção de possíveis atrasos.

Tabela 1 - Tarefas.

	Tarefa	Duração (semanas)
1	Criação de uma base de dados de canto	4
2	Classificação do ponto de vista perceptivo dos elementos da base de dados.	2
3	Estudo de correlação entre características objectivas e atributos perceptivos	4
4	Desenvolver/encontrar novas características objectivas com grande poder discriminante	3
5	Desenvolver um método automático de classificação eficiente	4
6	Implementação do método desenvolvido num demonstrador interactivo e de funcionamento em tempo-real	2
7	Escrita da dissertação	4
8	Preparação da apresentação da dissertação	2

6 de Julho de 2011

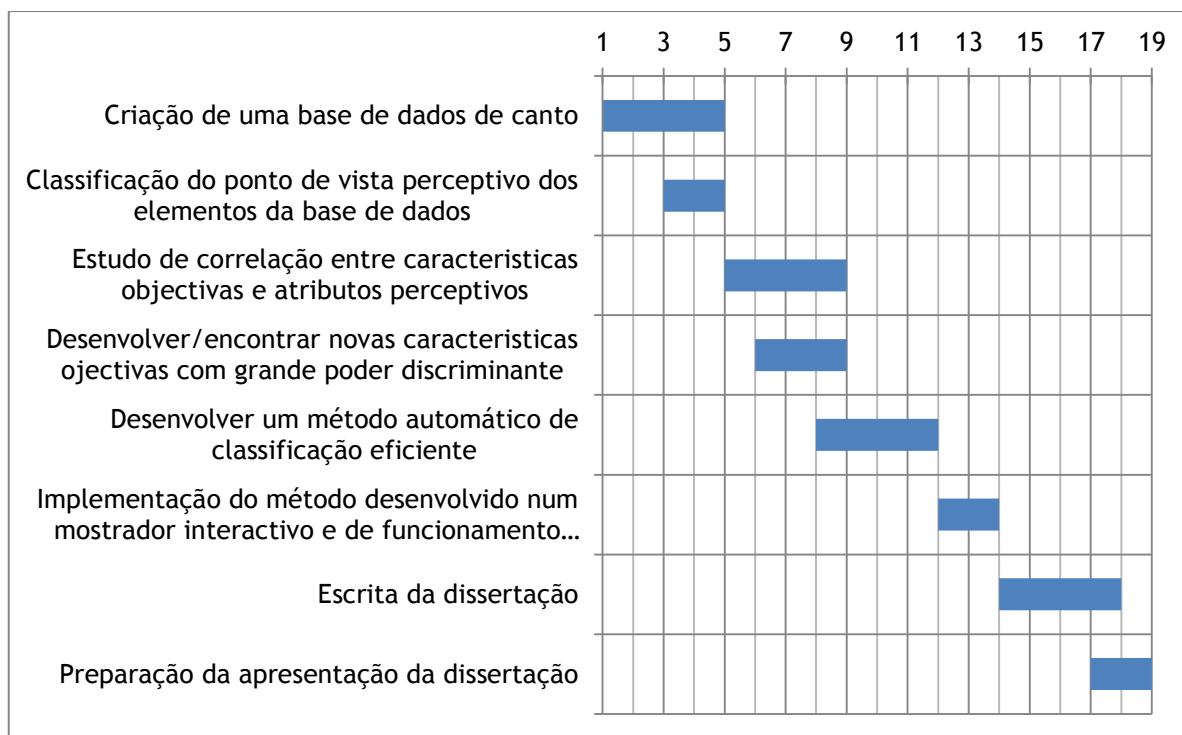


Diagrama 1 - Plano de trabalhos.



## 6. Ferramentas e metodologias.

Para o levantamento bibliográfico foi utilizado para além do motor de pesquisa Google também o serviço *online* do catálogo da biblioteca da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto que me dá o acesso a vários repositórios técnicos de artigos, livros, teses e outros documentos.

Os documentos encontrados no levantamento bibliográfico efectuado foram então lidos, e estudados de forma a verificar o trabalho já feito do ponto de vista de análise de características acústicas da voz, mais especificamente da voz cantada, e também o que se tem feito para relacionar essas características acústicas com avaliações perceptivas.

Para o desenvolvimento do projecto, é essencial a base de dados de cantos pré-classificados perceptivamente, sendo que essa base de dados será desenvolvida em conjunto com o bolseiro da Escola Superior de Música e Artes do Espectáculo do Instituto Politécnico do Porto. Esta recolha de amostras deverá acontecer respeitando regras e boas práticas, acusticamente falando, para que os dados recolhidos estejam em conformidade com os estudos a efectuar, e que as amostras sejam recolhidas de forma idêntica uniformizando assim a base de dados.

Relativamente à recolha de valores acústico dos elementos pertencentes à base de dados, serão utilizados os programas Praat, o Adobe Audition, o SingingStudio, o VoiceStudio e se houver oportunidade o MDVP da KeyPENTAX.

Para estudo estatístico de correlação de características objectivas das vozes cantadas com as características perceptivas previamente atribuídas, será utilizado o ambiente SPSS e usados métodos de Mann-Whitney, o Qui-Quadrado, a Correlação de Spearman, o Índice de Concordância Kappa e o teste de correlação por análise de Regressão Logística.

Os algoritmos de classificação dos cantos serão desenvolvidos primeiramente em MatLab, passando depois do desenvolvimento inicial a serem trabalhados em C/C++. Estes algoritmos serão ainda, antes de serem implementados no ambiente gráfico, testados tanto com gravações como em tempo real.

Depois de validados os algoritmos, estes serão então implementados com uma interface gráfica interactiva desenvolvida em C/C++ para serem integrados no *software* de auxílio ao ensino de canto já desenvolvido no âmbito geral do projecto financiado pela Fundação para a Ciência e Tecnologia.

Poderá no entanto, com o decorrer do projecto, ser necessário a utilização de outras ferramentas aqui não mencionadas.

## 7. Conclusão.

Durante este período de preparação do projecto de dissertação, no qual fiz levantamento bibliográfico sobre a voz cantada e o trabalho sobre ela já elaborado; deparei-me com bastante trabalho do ponto de vista tecnológico na área de processamento e análise de sinal, bem como muitos outros estudos perceptivos da voz tanto cantada como falada, mas poucos estudos de directa correlação entre estas duas disciplinas.

Não encontrei portanto, muitos estudos idênticos ao que pretendo levar a cabo neste projecto de dissertação.

No entanto, deparei-me com alguma dificuldade na parte da avaliação perceptiva a nível artístico e estético da voz cantada. Muitas das definições que encontrei são pouco precisas, e em alguns estudos um pouco contraditórias; em alguns casos uma definição estética é nomeada de forma diferente por diferentes autores. Por isso, é de grande importância a colaboração com as pessoas da Escola Superior de Música e Artes do Espectáculo do Instituto Politécnico do Porto, visto a minha pouca formação nesta área.

Do trabalho de colaboração com a aluna do Programa Doutoral de Engenharia Biomédica Susana Vaz Freitas, e do ponto de vista do paralelo que esse projecto tem como o meu projecto de dissertação, está a ser importante a minha participação de forma a me familiarizar com esta área. Assim tive a oportunidade de fazer o levantamento de dados acústicos de 90 vozes patológicas, ficando a ter noção da responsabilidade de certos parâmetros acústicos na avaliação perceptiva.

Este levantamento de parâmetros acústicos foi também uma experiência prática importante do ponto de vista do cuidado e das boas práticas que se deve ter neste género de estudo; pois nos vários *softwares* que foram utilizados encontramos vários obstáculos que foi preciso resolver sem perder a integridade dos dados recolhidos.

## Referências

- [1] E. Bradley, "An Investigation of the Acoustic Vowel Space of Singing."
- [2] Y. Ohishi, *et al.*, "Discrimination between Singing and Speaking Voices."
- [3] L. L. Henrique, *Acústica Musical: Fundação Calouste Gulbenkian*.
- [4] A. Loscos, "Spectral Processing of the Singing Voice," Department of Information and Communication Technologies, Universitat Pompeu Fabra, Barcelona, 2007.
- [5] M. Rocamora and P. Herrera, "Comparing audio descriptors for singing voice detection in music audio files."
- [6] P. Rao, "Musical Information Extraction from the Singing Voice."
- [7] I. Arroabarren, *et al.*, "Measurement of vibrato in lyric singers," *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement*, vol. 51, pp. 660-665, 2002.
- [8] I. Arroabarren, *et al.*, "On the measurement of the instantaneous frequency and amplitude of partials in vocal vibrato," *IEEE Transactions on Audio, Speech and Language Processing*, vol. 14, pp. 1413-1421, 2006.
- [9] I. Arroabarren and A. Carlosena, "Voice production mechanisms of vocal vibrato in male singers," *IEEE Transactions on Audio Speech and Language Processing*, vol. 15, pp. 320-332, Jan 2007.
- [10] D. Murbe, *et al.*, "Effects of Professional Singing Education on Vocal Vibrato—A Longitudinal Study."
- [11] I. Arroabarren and A. Carlosena, "Vibrato in singing voice: The link between source-filter and sinusoidal models," *Eurasip Journal on Applied Signal Processing*, vol. 2004, pp. 1007-1020, 2004.
- [12] J. Sundberg, "Level and Center Frequency of the Singer's Formant," *Journal of Voice*, vol. 15.
- [13] T. J. Millhouse and F. Clermont, "PERCEPTUAL CHARACTERISATION OF THE SINGER'S FORMANT REGION: A PRELIMINARY STUDY."
- [14] J. Kreiman, *et al.*, "Defining and measuring voice quality."
- [15] J. W. M. A. F. Martens, *et al.*, "The Effect of Visible Speech in the Perceptual Rating of Pathological Voices."
- [16] C. J. Butte, *et al.*, "Perturbation and nonlinear Dynamic Analysis of Different Singing Styles."
- [17] S. McCoy, "Chapter 1: Listening to Singers," in *Your Voice: An Inside View*, ed.
- [18] B. P. Burke, "ELECTRONIC DETECTION OF NASALITY IN THE SINGING VOICE USING WAVESHAPE ANALYSIS," Ph.D. 8217968, The Florida State University, United States -- Florida, 1982.