

Aspectos acústicos e expressivos dos timbres vocais

GTE – Ecologia acústica, expressão vocal e práticas criativas

Comunicação

*Suelen Scholl Matter
Pontifícia Universidade Católica de São Paulo
suelenscholl@gmail.com*

*Marta Assumpção de Andrada e Silva
Pontifícia Universidade Católica de São Paulo
m.andradaesilva@gmail.com*

Resumo: No contexto da percepção musical estão concernidos os parâmetros do tempo, da frequência, da intensidade e do timbre. De todos os aspectos do domínio perceptivo abordaremos o timbre vocal em seu detalhamento acústico e em seus efeitos expressivos. No plano acústico as descrições concentram-se nos elementos dos harmônicos e dos formantes e encontram correspondência nas ações fisiológicas, respectivamente relacionadas à atividade de pregas vocais e de trato vocal supraglótico. No canto, tais mobilizações refletem as expressões vocais. O objetivo desta comunicação é apresentar uma abordagem do parâmetro timbre vocal a partir da perspectiva acústica, entendendo-se o domínio da voz como sonoridade do corpo que possibilita que sejam feitas conjecturas da dimensão expressiva. Temos como proposta explicar conceitos sobre timbre, em sua dimensão acústica e de expressão, além de auxiliar e de incentivar novas iniciativas de investigação sobre o assunto, estimulando práticas pedagógicas que incluam a dimensão da exploração dos timbres vocais (qualidades vocais) de sujeitos adultos.

Palavras-chave: timbre vocal, formantes da voz, harmônicos.

Introdução

O timbre é frequentemente definido como “a cor do som”. Ademais, a tradução da palavra “*Klangfarbe*”, em língua alemã, é precisamente “cor do som”. O físico Herman von Helmholtz em sua obra “*On the sensations of the tone*” (1954 [1875]), afirma que o som composto possui parciais e o relaciona com a composição da luz branca que se decompõe em cores do arco-íris. O fenômeno da mistura de cores na composição do som decorre da combinação de harmônicos e de formantes da voz que podem ser mensurados acusticamente ou descritos por meio de percepções auditivas, visuais, proprioceptivas e cinestésicas.

Nesta comunicação apresentamos o timbre em sua constituição acústica e os modos como os harmônicos e formantes encontram correspondência nas ações fisiológicas respectivamente relacionadas à atividade de pregas vocais e de trato vocal supraglótico. Tais mobilizações no canto refletem o domínio da voz como sonoridade do corpo que possibilita fazer conjecturas da dimensão expressiva. Desse modo, são detalhados os fenômenos de amplificação sonora da voz, as sonoridades como as “metálicas”, as expressões das emoções e os correlatos fisiológicos entre acústica, percepção e produção.

Por fim, com esta comunicação, pretendemos auxiliar e incentivar novas iniciativas de investigação sobre o assunto e estimular a prática de construção de “cores de sons” do timbre vocal de sujeitos adultos.

O timbre na dimensão acústica: os harmônicos e as ressonâncias

Os harmônicos da voz são frequências produzidas pela atividade vibratória das pregas vocais. Esta vibração gera o som que ao passar pelo trato vocal supraglótico é modificado e no qual acontece o efeito de potencialização de faixas específicas de harmônicos por meio das posturas adotadas pelos articuladores ativos, como lábios, língua, mandíbula, palato mole, paredes de faringe e até mesmo laringe (VIEIRA, 2004; SUNDBERG, 2018; MILLER, 2019). Acusticamente, estes harmônicos são seletivamente amplificados por coincidirem com as frequências naturais de vibração do trato vocal supraglótico em determinada configuração. Tais frequências são conhecidas como formantes e determinam tanto a qualidade fonética da vogal quanto particularidades da qualidade ou do timbre vocal (VIEIRA, 2004; HOWARD; ANGUS, 2006). Conseqüentemente, uma nota cantada esta relacionada principalmente a atividade vibratória de pregas vocais cujo parâmetro de base é a frequência fundamental e às características de configurações de trato vocal supraglótico, expressas pelos formantes. Desta relação, é construída a informação do timbre na estrutura acústica do som.

O detalhamento do plano acústico permite integrar os aspectos da percepção e da produção do som vocal, permitindo que seja feita uma associação entre o que é descrito no plano perceptivo com aquilo que é identificado como mobilização no plano fisiológico.

Quanto às mobilizações fisiológicas, o comprimento do trato vocal pode ser alongado por meio do abaixamento da laringe e da protrusão dos lábios ou diminuído pelo estiramento labial (sorriso). Já a forma do trato pode ser modificada por articuladores (lábios, língua, mandíbula, véu palatino e laringe, além da faringe, por meio de músculos constritores).

Qualquer um destes ajustes amplia ou suprime harmônicos da voz, bem como é capaz de modificar os seus formantes (ibidem). A habilidade de modificação e de controle das “cores” do som interessa a cantores de diferentes estilos musicais¹ como o *belting*, o lírico e o popular, na construção da voz como recurso expressivo (SUNDBERG, 2018).

Quanto à acústica do som, cada “som vocal”² possui uma frequência fundamental (F0), harmônicos múltiplos da F0, sub-harmônicos e cinco formantes principais que, a depender das configurações das cavidades do trato vocal supraglótico, terão as suas ressonâncias modificadas (SUNDBERG, 2018).

O primeiro formante (F1) está relacionado ao “sistema linguomandibular” (abertura de língua e de mandíbula). Quanto maior a abertura de mandíbula, maior a tendência da frequência de F1 se elevar. O segundo formante (F2) corresponde à cavidade anterior do trato vocal, ou seja, ao espaço entre a porção anterior da língua em relação ao palato duro, além da conformação de todo o corpo de língua. Para Sundberg (2018) o F1 e o F2 são os principais determinantes das vogais, responsáveis pelo timbre vocal.

O terceiro formante (F3) está relacionado com o espaço entre a língua e os incisivos inferiores e tende a aumentar sua frequência quando a língua está próxima aos dentes inferiores. O quarto formante (F4) está relacionado com o comprimento do trato vocal e com as dimensões do tubo laríngeo e de áreas próximas a ele, como o ventrículo laríngeo, que é uma porção entre as pregas vocais e as pregas vestibulares, aumentada quando a laringe está em posição mais rebaixada. Assim como o F4, o quinto formante (F5) e os formantes mais elevados serão “determinados muito mais pelo comprimento do trato vocal do que por alguma posição específica dos articuladores” (SUNDBERG, 2018, p. 47). Os formantes 3, 4 e 5 estão relacionados com a qualidade vocal, que pode ser falada ou cantada e possuem maior variação com o locutor (VIEIRA, 2004).

A relação dos articuladores com os formantes é complexa, pois envolve todo um sistema “linguomandibular” no qual um único movimento articulatorio é capaz de afetar a

¹ Estilos musicais são “procedimentos típicos usados no fazer-musical, partes da construção do tom, da nota, do ritmo, da frase, os timbres aceitos e dos *singing styles*” (NETTL, 2005, p. 54). Nettl também inclui o conceito de “conteúdo” do estilo, que são os temas, os motivos, as linhas e as melodias. Estilo e conteúdo caracterizam as variedades na música (ibidem).

² O conceito de “som vocal” inclui “todos os sons produzidos pela passagem do fluxo de ar pulmonar pelas pregas vocais em vibração e pelo trato vocal e por vezes também pela cavidade nasal” (SUNDBERG, 2018, p. 19).

posição de outros articuladores e os espaços do trato vocal, ocasionando mudanças nos valores dos formantes.

Cantores profissionais são “bastante habilidosos em ajustar o trato vocal de modo a combinar diferentes frequências de formantes para a articulação de um mesmo som” (SUNDBERG, 2018, p. 142). Estes profissionais são capazes de mudar o comprimento e a forma do trato vocal por meio do arredondamento de lábios, bem como realizar ajustes de abaixamento, de elevação e de estabilização laríngea e de ampliação ou de constrição faríngea. Das modificações diversas são providenciados fenômenos acústicos diversos como o formante do cantor.

Os fenômenos acústicos específicos da voz cantada: formante do cantor e a sintonia F0-F1

O fenômeno do formante do cantor, capaz de amplificar a voz sem trazer prejuízos aos cantores, pode ser adquirido por meio de ajustes articulatorios, como a posição rebaixada da laringe (SUNDBERG, 2018; GUSMÃO et al., 2016), cujos efeitos são “uma expansão do ventrículo da laringe e, em particular, dos recessos piriformes, situados ao seu redor” (SUNDBERG, 2018, p. 164). A posição rebaixada da laringe também ocasiona a expansão da faringe. Com modificações na posição da laringe e, logo, no trato vocal supraglótico³, é possível aproximar o terceiro e o quarto formantes na voz e ampliar a capacidade do trato vocal de transferir som se os formantes 3 e 4 estiverem bem próximos. Uma maneira possível de elevar o terceiro formante e de baixar o quarto formante é deixando de retrain a língua “evitando assim a formação de um espaço anteriormente aos incisivos inferiores. O terceiro formante se eleva e se aproxima do quarto formante, reforçando o formante do cantor” (SUNDBERG, 2018, p. 166). Esta aproximação também pode ser dada quando a laringe passa da posição elevada para a abaixada, que ocasiona “uma queda de cerca de 17% na frequência do quarto formante e de cerca de 11% na frequência do terceiro formante” (ibidem, p. 158). Além do terceiro e do quarto formantes, ainda pode ser adicionado um “formante extra” que, se aproximado ao terceiro formante, “aumenta o ganho da função de transferência em até 20 dB” (SUNDBERG, 2018, p. 161). Alguns dos ajustes laríngeos que contribuem para a aquisição do formante do cantor, e que são citados na literatura, são o abaixamento da laringe, o

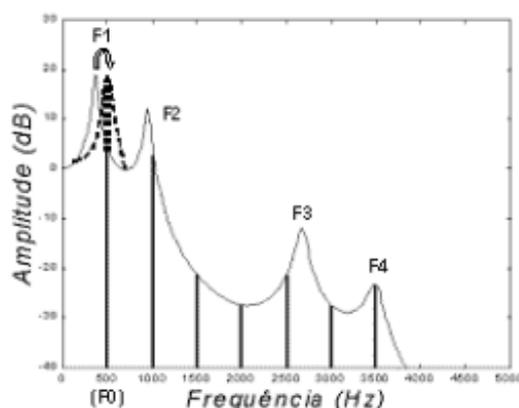
³ “[...] modificações na laringe necessariamente afetam a configuração da faringe” (Sundberg 2018, p. 157).

alargamento da cavidade faríngea, a constrição ariepiglótica (aproximação das cartilagens aritenóidea e epiglótica) e o alongamento do tubo faríngeo (GUSMÃO et al., 2010).

O fenômeno é definido por um pico espectral intenso em torno de 3 kHz (VIEIRA, 2004). Além disso, a intensidade do formante do cantor também pode aumentar quando o cantor a aumenta propositalmente, o que pode acarretar danos vocais (GUSMÃO et al., 2010).

Outro fenômeno capaz de aumentar a capacidade do trato vocal de transferir som, além do formante cantor, é a sintonia F0-F1, cuja técnica utilizada é o abaixamento da mandíbula. Com este abaixamento é possível aumentar a amplitude do harmônico fundamental e fazer com que o primeiro formante (F1) coincida com a frequência fundamental (F0). Esta técnica resulta no aumento da ressonância do harmônico fundamental com F1, “[...] resultando num ganho na audibilidade da voz sem que haja aumento na energia utilizada na fonação” (VIEIRA, 2004, p. 74), conforme figura a seguir:

Figura 1: Sintonia F0-F1



Fonte: (VIEIRA, 2004, p. 73)

A fala feminina concentra-se em torno da região de 220 Hz, mas na medida em que a cantora emite notas cada vez mais agudas, como uma nota em 500 Hz, vai ocorrendo o deslocamento do harmônico fundamental para uma posição entre o primeiro e segundo formantes da vogal articulada /u/, o que torna a vogal pouco audível no canto. É com a abertura da mandíbula que F0 e F1 podem ser sobrepostos, fazendo com que o harmônico fundamental coincida com F1 e resulte em ganho na audibilidade da voz.

No canto, porém, à medida que a fundamental aumenta, aumenta também o espaçamento entre os termos da série harmônica gerada na laringe, diminuindo a concentração de harmônicos em torno dos

formantes e perdendo-se os ganhos da ressonância com os formantes. Hipoteticamente, uma soprano está emitindo uma nota em 500 Hz, mas o harmônico fundamental está entre o primeiro e o segundo formantes da vogal articulada ([u]). Desta forma, a amplitude do harmônico fundamental é relativamente pequena e a voz tem pouca audibilidade. A técnica utilizada para aumentar a amplitude do harmônico fundamental é ajustar o primeiro formante (F1), fazendo-o coincidir com F0, através do abaixando da mandíbula, gesto que tem certa seletividade sobre F1 (Lindblom & Sundberg, 1971). Com isso, o harmônico fundamental aumenta pela ressonância com F1, resultando num ganho na audibilidade da voz sem que haja aumento na energia utilizada na fonação (VIEIRA, 2004, p. 73-74).

Há uma relação direta entre a fundamental da voz feminina durante o canto e o espaçamento entre os termos da série harmônica. Quanto maior a frequência da fundamental no canto, ou seja, quanto mais aguda a nota emitida pela soprano, maior será o espaçamento entre os harmônicos próximos aos formantes – o que, conseqüentemente, ocasionará uma perda dos ganhos de ressonância com uma significativa redução na audibilidade da voz. A abertura de mandíbula é um recurso que garantirá a audibilidade da voz na emissão de agudos.

Os fenômenos do formante do cantor e da sintonia F0-F1 revelam o quanto a posição articulatória do cantor – seu filtro – é capaz de produzir amplificação sonora e de modificar sonoridades.

O que os formantes da voz podem revelar, caracterizar e estimar

Os formantes podem revelar as emoções. No artigo de Terraza, Andonegi, Lejarreta e Ruíz (2015) foram analisadas emissões de frases com diferentes emoções. No estudo, foi avaliada a diferença entre F1 e F2 da vogal /a/ em frases que expressavam as emoções de alegria, tristeza e enfado, que foram produzidas por falantes bilíngües de basco e espanhol. Os autores concluíram que o F1 foi o formante mais variável na emissão da frase com os diferentes tipos de emoção, em relação à província de origem e à área sociolinguística, tendo apresentado frequência mais alta na emoção de alegria. O F2 só foi afetado pelo tipo de sílaba anterior.

Os formantes da voz também podem estimar a voz metálica de mulheres cantoras. No estudo de Fadel et al. (2015) foram registradas e analisadas amostras de voz de 60 mulheres cantoras amadoras, tendo sido estudadas 30 mulheres consideradas como tendo a voz

metálica e 30 de voz não metálica. As amostras de emissões sustentadas das vogais em tom usual e em duas frequências predeterminadas foram mensuradas a fim de serem obtidos os valores de F0 e frequência dos formantes F1, F2, F3 e F4. Como resultado, não foi encontrada diferença para a frequência fundamental (f_0) na comparação das emissões em tom habitual, mas os valores dos formantes F2, F3 e F4 foram maiores no grupo considerado de voz metálica. Já nos tons pré-estabelecidos, houve diferença entre os dois grupos nos formantes F3 e F4 para ambos os tons, sendo possível caracterizar a qualidade da voz metálica como uma frequência fundamental normal, com frequência crescente do formante F2, e valores de frequências dos formantes F2, F3 e F4 maiores quando comparadas ao grupo de vozes não metálicas (FADEL et al., 2015).

As frequências dos formantes são capazes de estimar as posições articulatórias. No artigo de Sepúlveda et al (2012) o objetivo foi estimar a posição dos órgãos articulatórios a partir da informação contida no sinal de voz, por meio da inversão articulatória. O estudo buscou uma representação que permitisse inferir de forma mais confiável o formato do trato vocal a partir de amostras de voz. Na pesquisa foram realizadas análise analítica e estatística. No caso analítico, foi utilizado um sintetizador articular que simulou tubos concatenados que modelam o trato vocal. Na análise estatística, foram usados dados reais de um articulógrafo eletromagnético, para os quais se estimou a associação entre as características acústicas e os movimentos dos órgãos articuladores. Os dados da análise passaram pela inversão articulatória baseada em redes neurais. Como resultado, os autores apresentaram que o limiar de erro foi diminuído por meio desta proposta de inversão articulatória baseada em redes neurais, em comparação a outros modelos de simulação do trato vocal e concluíram que a inversão articulatória baseada em redes neurais se aproxima de uma representação fidedigna do trato vocal. O experimento confirmou que os formantes, ao serem adicionados ao modelo, se refletiram no movimento de ápice, corpo e dorso da língua, mostrando, do ponto de vista estatístico, que existe uma relação intrínseca entre formantes e a posição de língua.

A pesquisa de Brandão et al. (2012) testou o método de linha de transmissão (TLM) aplicado à acústica do trato vocal, por meio de um modelo 3D reconstruído. Nesta pesquisa foi simulada a propagação acústica do trato vocal neste modelo, que estava representando a produção da vogal aberta /a/. Os sinais de voz gerados na simulação do TLM foram comparados a sinais de voz do mesmo sujeito de quem foi extraída a voz. Como resultado,

verificou-se que através do método foi possível produzir formantes muito próximos daqueles do sujeito de quem foi extraída a voz, e que, para melhorar ainda mais a determinação dos formantes, o fator de compensação de dispersão numérica testado na pesquisa se mostrou eficaz.

Estas duas últimas pesquisas denotam o interesse de cientistas por modelos de representação que permitam inferir de forma mais confiável o formato do trato vocal e as relações entre os articuladores e os formantes da voz. As demais pesquisas revelam a relação intrínseca entre as emoções e a qualidade vocal com a posição de articuladores e com os valores dos formantes na voz. Também fica clara a relação da língua com os formantes, para além da relação com as posturas do trato vocal.

Conclui-se que a análise acústica dos formantes permite o estabelecimento de inferências sobre as emoções, possibilita a postulação de correlações entre a esfera perceptiva e a de produção de timbres vocais (qualidades vocais) de cantores, a partir da interpretação da informação acústica, e permite estimar as posições articulatórias.

A expressão vocal e o timbre como práticas de ensino para a criatividade musical

A expressão vocal, segundo Meran Vargens (2013), está ligada a cultura, a dimensão social, a profissão, além de incluir o emocional e o físico. Deste modo, a expressão da emoção ou de uma determinada “cor de som” revela aspectos sociais, daquilo que é esperado socialmente na execução de determinados repertórios, da sua sonoridade.

Sendo assim, expressão e timbre, quando pensados para um contexto de prática de “ensinar para a criatividade musical” (Burnard; Murphy, 2013, p. xvii), podem ser explorados em seu potencial de experimentação do corpo, como objeto de percepção musical, de experimentação de ideias, possibilitando que sejam feitas conexões entre o que é percebido, o que é produzido e a sua acústica, desde que focalizado o desenvolvimento da criatividade, com foco na aprendizagem.

Uma sugestão de prática de exploração de timbres vocais, mais comum nas práticas com instrumentos musicais diversos e menos comum com o instrumento canto, é a exploração das sonoridades. Ao apresentar instrumentos musicais aos alunos, uma das práticas iniciais é permitir que explorem as possibilidades sonoras. No entanto, no canto, dificilmente são exploradas todas as suas possibilidades, dadas as suas próprias

características, como a difícil visualização dos ajustes articulatórios pelo próprio cantor. Por meio da compreensão da acústica vocal, podemos concluir que existem diversas possibilidades de uso da voz, diversas sonoridades, as quais podem ajudar o cantor a compreender as diversas possibilidades de “cores vocais” por meio da escolha de determinadas configurações de trato vocal, permitindo o uso da voz e de suas cores de modo criativo, provocando a exploração e a criação. O canto pode ser cada vez mais inserido nas práticas musicais, em seus aspectos criativos, se entendido como um instrumento musical de diversas sonoridades e possibilidades. Ao compreender o timbre vocal entre a percepção, a produção e a acústica são possibilitadas explorações sonoro-vocais diversificadas e cada vez mais conscientes.

Conclusão

O objetivo desta comunicação foi apresentar uma abordagem do parâmetro timbre vocal a partir da perspectiva acústica, entendendo-se o domínio da voz como sonoridade do corpo que possibilita que sejam feitas conjecturas da dimensão expressiva.

O timbre é frequentemente definido no domínio da acústica como a “cor do som” e decorre da combinação de harmônicos e de formantes da voz que podem revelar não apenas “cores”, mas também as emoções, as configurações do trato vocal e, ainda, aspectos culturais e sociais na construção do som, como a escolha por configurações de trato vocal que tornem a voz projetada e acusticamente mais audível ou que sintonizem a frequência fundamental com o primeiro formante de modo a garantir a audibilidade da voz de sopranos.

Finalmente, o timbre vocal enquanto parâmetro musical carrega elementos acústicos, perceptivos e de sua produção (fisiologia) dotados de expressão e que podem contribuir para a compreensão de diferentes emissões vocais humanas.

Referências

BRANDÃO, Alexandre S.; CATALDO, Edson; LETA, Fabiana R. Método de Línea de Transmisión aplicado a la Acústica del Tracto Vocal a través de un Modelo 3D Reconstruido. **Información Tecnológica**, n. 2, 2012. Disponível em: https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-07642012000200018&lng=es&nrm=iso. Acesso em: 6 jul. 2021

FADEL, Bruniere Xavier; DASSIE-LEITE, Ana Paula; SANTOS, Rosane Sampaio; ROSA, Marcelo de Oliveira, MARQUES, Jair Mendes. Acoustic characteristics of the metallic voice quality. **CoDAS**, São Paulo, v.27, n.1, p. 97-100, jan-fev. 2015.

HELMHOLTZ, Hermann von. **On the sensations of the tone as a physiological basis for the theory of music**. Nova York: Dover, 1954 [1875].

TERRAZA, Iñaki G. et al. Diferencias en los formantes vocálicos de [a] según el tipo de emoción y otras variables sociolingüísticas. **Boletín de Filología**, Santiago, v. 50, n. 2, p. 33-50, 2015. Disponível em: http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-93032015000200002&lng=es&nrm=iso. Acesso em: 6 jul. 2021.

GUSMÃO, Cristina de Souza; CAMPOS, Paulo Henrique; MAIA, Maria Emília Oliveira. O formante do cantor e os ajustes laríngeos utilizados para realizá-lo: uma revisão descritiva. **Per musi**, Belo Horizonte, n.21, p.43-50, 2010.

GUSMÃO, Cristina de Souza; PÁDUA, Mônica Pedrosa de; MAIA, Mariana Oliveira. O formante do cantor e os ajustes laríngeos e supralaríngeos em cantores barítonos: uma investigação acústica e fibronasolaringscópica. **Revista Música Hodie**, Goiânia, n. 21, p. 171-85, 2016.

HOWARD, David; ANGUS, Jamie. **Acoustics and Psychoacoustics**. 3ª ed. Oxford: Elsevier, 2006.

MILLER, Richard. **A estrutura do canto: Sistema e Arte na Técnica Vocal**. Ed. É Realizações, 2019.

NETTL, Bruno. **The study of ethnomusicology: thirty-one issues and concepts**. 2ª ed. Urbana and Chicago: University of Illinois Press, 2005.

SCHOENBERG, A. **Harmonia**. São Paulo: Editora UNESP, 2001.

SEPÚLVEDA, Alexander; GOMEZ, Diana Margarita C.; CASTELLANOS, Germán. Importancia de las frecuencias de resonancia del tracto vocal en la estimación de posiciones articulatorias. **Rev. Ing. Biomed.**, Medellín, v. 6, n. 11, p. 53-60, 2012. Disponível em: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1909-97622012000100006&lng=en&nrm=iso. Acesso em: 6 jul. 2021.

SUNDBERG, Johan. **Ciência da voz: fatos sobre a voz na fala e no canto**. Tradução e revisão: Gláucia Laís Salomão. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2018.

VIEIRA, Maurílio Nunes. Uma introdução à acústica da voz cantada. 2004. In: I SEMINÁRIO MÚSICA, CIÊNCIA E TECNOLOGIA: ACÚSTICA MUSICAL, 2004. Minas Gerais. Departamento de Física/ICEx/UFMG. Disponível em: <http://www2.eca.usp.br/smct/ojs/index.php/smct/article/view/7>. Acesso em: 20 abr. 2021

VARGENS, Meran. **A Voz Articulada pelo Coração ou a Expressão Vocal para o Alcance da Verdade Cênica**. 1ª ed. São Paulo: Editora Perspectiva, PPGAC/UFBA, 2013.