

Dinâmica labial e o canto belting: um estudo sobre ajustes articulatórios e produção vocal

MODALIDADE: COMUNICAÇÃO

SUBÁREA: Composição e Sonologia

Rafael Augusto de Lima Barbosa
Universidade Federal de Minas Gerais
rafaelbarbosa.mus@gmail.com

Mauricio Alves Loureiro
Universidade Federal de Minas Gerais
mauricio.alves.loureiro@gmail.com

Resumo. O *belting* é uma técnica vocal amplamente usada no teatro musical, reconhecida por projeção e intensidade, mas com mecanismos articulatórios pouco descritos, sobretudo o papel dos lábios. Este estudo-piloto analisou ajustes labiais no *belting* via captura tridimensional (*Optotrak Certus*) e medidas acústicas (formantes, *RMS*, *jitter*, *shimmer*, *CPP*, *HNR*). Uma cantora emitiu vogais /a/, /ε/, /e/, /i/ de F4 a F5, nos modos neutral e *belting*. O *belting* mostrou aumentos horizontais e variações verticais moduladas por vogal e tessitura. Observou-se elevação de formantes superiores, incremento de *RMS* e mudanças na estabilidade glótica, com destaque para /i/ em registros agudos. Correlações positivas entre expansão labial e parâmetros espectrais indicam que ajustes biomecânicos influenciam brilho e projeção do *belting*.

Palavras-chave. Belting, Biomecânica Labial, Análise Acústica, Teatro Musical, Técnica Vocal.

Labial Dynamics and Belting Voice: A Study on Articulatory Adjustments and Vocal Production

Abstract. Belting is a vocal technique widely used in musical theatre, known for projection and intensity, but its articulatory mechanisms, especially lip behavior, remain underdescribed. This pilot study analyzed labial adjustments in belting using 3D motion capture (*Optotrak Certus*) and acoustic measures (formants, *RMS*, *jitter*, *shimmer*, *CPP*, *HNR*). A female singer performed /a/, /ε/, /e/, /i/ from F4 to F5 in neutral and belting modes. Belting showed horizontal expansions and vowel/tessitura-dependent vertical changes. Higher formants, increased *RMS*, and glottal stability variations emerged, especially for /i/ in high registers. Positive correlations between labial expansion and spectral parameters suggest biomechanical adjustments directly influence belting's brightness and projection.

Keywords. Belting, Lip Biomechanics, Acoustic Analysis, Musical Theater, Vocal Technique.



Introdução

Contexto teórico

A definição de belting permanece objeto de debate entre pesquisadores, pedagogos e artistas, oscilando entre descrições técnico-vocais e abordagens socioculturais. Lisa Popeil (2007; 2012) propõe subestilos — heavy, twang, nasal, brassy e speech-like — baseados em construções do teatro musical. Já pedagogos como Marconi Araújo (2013) e estudiosos da voz cantada descrevem o belting por outras categorias. Boardman (1987) o define como "grito tenso, áspero, brilhante e sem vibrato", enquanto Miles e Hollien (1990) destacam seu alto volume e densidade vocal. Schutte e Miller (1993) associam o belting ao uso intenso do registro modal (M1), com mais de 50% de fase glótica fechada, laringe elevada e alinhamento entre o primeiro formante (F1) e o segundo harmônico (H2), especialmente em vogais abertas e na faixa de Sol4 a Ré5 em vozes femininas.

Apesar das divergências, há consenso sobre a articulação entre estilo e mecanismos vocais específicos. O belting depende não só de ajustes anatômicos — como postura laríngea e pressão subglótica —, mas também de escolhas performáticas situadas culturalmente. Para Laver (1980), a qualidade vocal resulta de ajustes laríngeos e supralaríngeos modulados expressivamente, enquanto para Dahlhaus (1982), o estilo vocal é indissociável de vínculos históricos e artísticos.

Assim, o belting pode ser entendido como qualidade vocal estilística que combina exigências acústicas a escolhas expressivas. Destaca-se o papel dos lábios, cuja biomecânica influencia a configuração do trato vocal e os aspectos acústicos da emissão. Investigar esses ajustes é fundamental para compreender os mecanismos articulatórios que sustentam o belting em sua dimensão técnico-artística.

Biomecânica labial e produção vocal

Belting produz som brilhante e projetado em ampla tessitura, combinando os mecanismos M1 e M2 (Roubeau; Henrich; Castellengo, 2009). No teatro musical, surgiu como solução para inteligibilidade sobre arranjos densos, com vogais mais frontais e trato em “megafone”, favorecendo reatância supraglótica, reforço de harmônicos e projeção (Jennings, 2014; Titze; Worley, 2009).



A biomecânica dos lábios — estrutura muscular e adaptável — desempenha papel relevante nesse contexto. Durante o canto, os lábios operam dentro de zonas de estabilidade conhecidas como regiões quantais, nas quais pequenas variações musculares podem gerar grandes mudanças acústicas, os chamados efeitos biomecânicos quantais (Gick *et al.*, 2020). Estudos como o de Arnela *et al.* (2016) demonstram que a presença e configuração dos lábios afetam diretamente os formantes, sobretudo na vogal /a/, evidenciando sua importância para a projeção e qualidade sonora.

Ainda assim, permanece pouco explorado como os ajustes labiais específicos influenciam os parâmetros acústicos e a estética do belting. Este estudo busca preencher essa lacuna, adotando uma abordagem experimental exploratória de caso único ($n = 1$), com delineamento intra-sujeito, para isolar e descrever vínculos entre ajustes labiais e parâmetros acústicos no *belting*.

Métodos

Participante

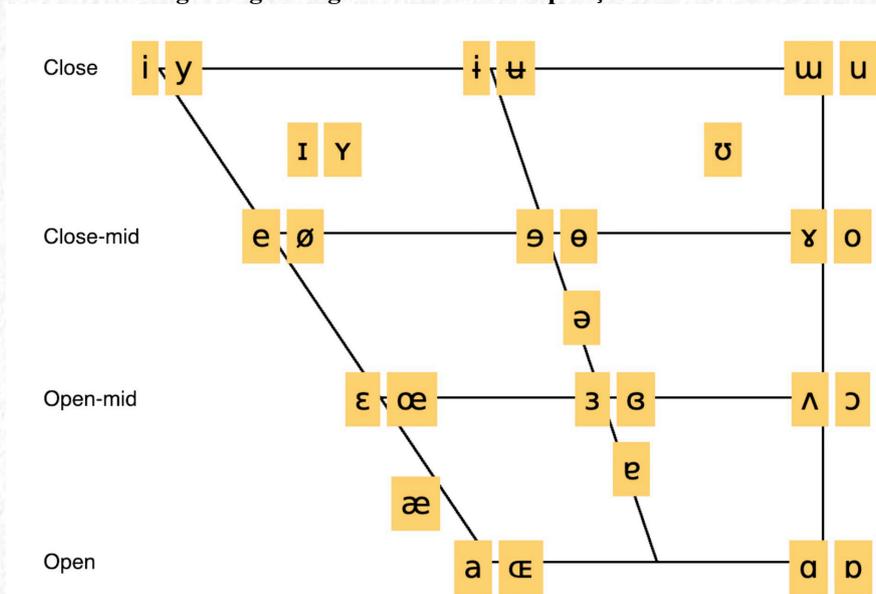
Cantora (36 anos), nível intermediário, sem histórico de disfonia.

Material vocal

No presente estudo piloto, foram analisadas quatro vogais do português brasileiro: /a/, /ε/, /e/ e /i/, escolhidas por apresentarem diferentes graus de abertura e posições no quadrilátero vocálico, conforme ilustrado na Figura 1, o que permite investigar variações acústicas e articulatórias associadas ao belting. A vogal /a/ é aberta central, produzida com a boca bem aberta e língua em posição central; /ε/ é meio-aberta anterior, com língua avançada e abertura intermediária; /e/ é meio-fechada anterior, com língua avançada e menor abertura; e /i/ é fechada anterior, com boca quase fechada e língua próxima ao palato duro. Essas diferenças articulatórias são essenciais para o estudo dos ajustes vocais na técnica de belting.



Figura 1 – Quadrilátero vocálico do Alfabeto Fonético Internacional (IPA) apresentando a classificação das vogais segundo grau de abertura e posição articulatória.



Fonte: *INTERNATIONAL PHONETIC ASSOCIATION. IPA Chart*. Disponível em: <https://www.ipachart.com/>

As emissões vocais foram realizadas em alturas que cobrem uma escala cromática entre Fá4 (349,23 Hz) e Fá5 (698,46 Hz), faixa comumente explorada por vozes femininas no repertório de teatro musical. Para cada vogal, a participante executou as notas em dois modos vocais distintos: neutral, utilizado como condição controle, e belting, foco principal do presente estudo. O modo neutral, descrito no *Complete Vocal Technique* (Sadolin, 2012) como o único não metálico, caracteriza-se por menor pressão subglótica e ausência de ajustes de brilho, resultando em uma sonoridade suave, frequentemente utilizada em repertórios que demandam emissão vocal leve (Sundberg; Thalén, 2015).

Coleta de dados

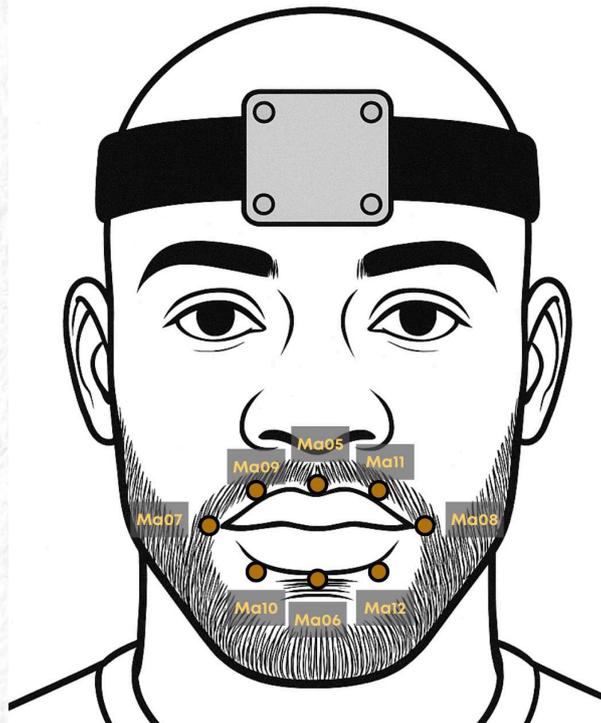
A coleta de dados foi conduzida utilizando um protocolo multimodal que integrou captura tridimensional de movimento facial e registro acústico. Para a análise articulatória, empregou-se o sistema *Optotrak Certus (NDI®)*, capaz de realizar rastreamento tridimensional com precisão de 0,01 mm. Oito marcadores infravermelhos ativos foram posicionados ao redor da região labial da participante, enquanto quatro marcadores adicionais foram fixados em um suporte rígido localizado na região frontal (testa). Esse corpo rígido teve como finalidade rastrear os movimentos de cabeça, visando subtraí-los das medições dos movimentos labiais.



A correção dos deslocamentos da cabeça foi realizada com o algoritmo de Kabsch (1976, 1978), que alinha as posições dos marcadores por meio de transformações geométricas. Cada ponto registrado no sistema de coordenadas global foi transformado para o sistema de referência do corpo rígido, eliminando os efeitos de movimento global da cabeça.

Adicionalmente, foi aplicada uma rotação de 90° no plano horizontal para adequação do sistema de coordenadas às convenções estabelecidas no protocolo experimental. Ao término desse processo, obteve-se a posição corrigida de todos os marcadores faciais, garantindo que as análises subsequentes considerassem exclusivamente os movimentos locais da região labial, livres de interferências decorrentes do movimento craniano. A área labial foi calculada com base em polígonos médios formados entre os marcadores, possibilitando a quantificação das variações geométricas ocorridas durante as emissões vocais (Figura 2).

Figura 2 – Distribuição dos marcadores infravermelhos ativos posicionados ao redor da região labial (Ma05, Ma06, Ma07, Ma08, Ma09, Ma10, Ma11, Ma12) e corpo rígido fixado na testa, utilizados para rastreamento tridimensional dos movimentos articulat6rios faciais no sistema *Optotrak Certus*.



Fonte: autoria pr6pria e Adobe Firefly.

Para o registro acústico, foi empregado um microfone condensador omnidirecional *Behringer ECM8000*, posicionado a aproximadamente 30 cm da boca da participante. As gravações de áudio foram capturadas e armazenadas utilizando o software *Audacity*.

Neste estudo, cada parâmetro acústico foi escolhido para descrever aspectos específicos da voz. Os formantes (F1, F2, F3, F4) representam picos de ressonância do trato vocal: são eles que amplificam certas frequências do som produzido pela laringe e moldam o timbre, a clareza e a projeção das vogais. A intensidade sonora foi medida pelo *RMS* (*Root Mean Square*), que calcula a energia média do sinal a partir da média quadrática dos valores de intensidade ao longo do tempo — quanto maior o *RMS*, mais forte é o som.

A estabilidade da fonte glótica foi avaliada por duas medidas: *jitter*, que mostra o quanto a frequência fundamental oscila de um ciclo para outro, e *shimmer*, que indica variações na amplitude do sinal — ambas em percentual, refletem a regularidade da emissão vocal. A periodicidade harmônica foi descrita pelo *CPP* (*Cepstral Peak Prominence*), que mede a nitidez do padrão harmônico da voz, enquanto a pureza espectral foi expressa pelo *HNR* (*Harmonics-to-Noise Ratio*), que compara a energia harmônica com o ruído presente no sinal; ambos são apresentados em decibéis (*dB*). Para manter a comparabilidade interna, os valores de *RMS* foram normalizados em unidades relativas ao sistema de gravação.

Procedimento

As gravações seguiram uma ordem predeterminada, alternando entre os modos vocal neutral e *belting*, para cada uma das quatro vogais analisadas (/a/, /ε/, /e/ e /i/). A participante foi solicitada a sustentar a emissão de cada nota por aproximadamente 4 segundos. Para isso, cada emissão vocal foi precedida por uma referência tonal para cada nota da escala, sustentada em semibreve a um andamento de 60 bpm, marcado por um metrônomo.

Os dados tridimensionais capturados pelo *Optotrak* foram processados inicialmente no *software First Principles*, responsável pela coleta bruta das posições espaciais dos marcadores. As análises acústicas foram conduzidas no *software Praat*, utilizado especificamente para a extração de formantes. Os demais parâmetros acústicos (como *RMS*, *jitter*, *shimmer*, *CPP* e *HNR*), bem como o cálculo das áreas labiais, efeitos de tamanho e análises estatísticas, foram realizados no ambiente *MATLAB R2024b* (*MathWorks*®).

Resultados

Para a organização dos dados e interpretação dos resultados, a voz foi analisada considerando duas regiões distintas da tessitura vocal: uma parte baixa, correspondente ao mecanismo laríngeo M1 (modal), e uma parte alta, correspondente ao mecanismo M2 (*head*

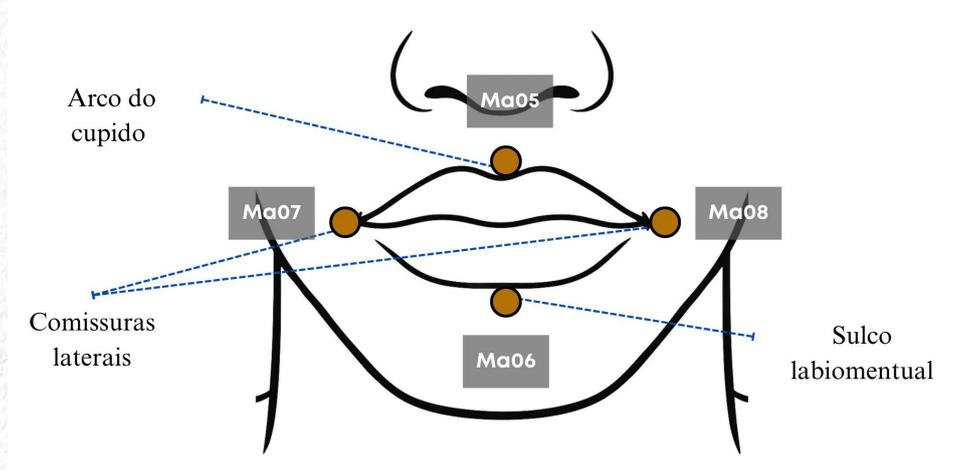


voice ou falsete). A parte baixa foi definida pelas notas de Fá4 até Dó5, enquanto a parte alta abrangeu as notas de Dó#5 até Fá5.

Análise articulatória

Para a análise articulatória, a variação da abertura labial foi avaliada em duas dimensões: horizontal e vertical, considerando exclusivamente as coordenadas X e Y dos marcadores, sem incluir variações no eixo Z (profundidade). A variação horizontal foi definida pela diferença na distância entre os marcadores Ma07 e Ma08, localizados nas comissuras labiais esquerda e direita, respectivamente. A variação vertical, por sua vez, foi calculada com base na diferença de distância entre os marcadores Ma05, posicionado no arco do cupido (lábio superior), e Ma06, localizado no sulco labiomentual (lábio inferior).

Figura 3 - Representação esquemática dos marcadores faciais utilizados para cálculo das dimensões horizontal (distância entre Ma07 e Ma08) e vertical (distância entre Ma05 e Ma06) da abertura labial.



Fonte: autoria própria.

A Tabela 1 resume as variações médias (Δ , em milímetros) e os tamanhos de efeito (*Cohen's d*) das dimensões horizontal e vertical da abertura labial entre os modos neutral e belting, estimadas para as vogais /a/, /e/, /ɛ/ e /i/ em regiões baixa e alta da tessitura vocal. O tamanho do efeito (*Cohen's d*) foi utilizado para quantificar a magnitude das diferenças observadas, considerando-se os pontos de corte clássicos para efeitos pequeno (0,2), médio (0,5) e grande (0,8) (Cohen, 1988).

Na vogal /a/, houve incremento consistente da abertura horizontal em ambas as regiões, com redução vertical mais acentuada na região alta, sugerindo estratégia articulatória que privilegia expansão lateral e menor abertura vertical, típica da estética horizontal do belting.



Para /e/, observou-se redução horizontal e vertical na região baixa, mas leve aumento em ambas as dimensões na região alta, possivelmente para manter projeção vocal em registros agudos.

A vogal /e/ apresentou ampliação marcada na abertura horizontal nas duas regiões, com pequena variação vertical positiva na parte baixa, mas redução na alta, o que reforça a tendência do belting de ampliar a configuração horizontal do trato vocal em vogais médias anteriores, favorecendo projeção e brilho. Já /i/ exibiu as alterações mais pronunciadas, principalmente na região alta, com aumento significativo na abertura horizontal e, sobretudo, na vertical, onde o incremento chegou a $\Delta = +1,0$ mm ($d = 8,0$), indicando ajustes fisiológicos robustos para sustentar as características acústicas do belting em vogais fechadas. No conjunto, os valores elevados de d de *Cohen*, frequentemente acima de 0,8, indicam efeitos mais acentuados, confirmando que o belting envolve padrões articulatórios sistemáticos e específicos, modulados pelo tipo vocálico e pela região da tessitura, com impacto direto sobre a geometria do trato vocal.

Tabela 1 – Variações médias (Δ) e tamanhos de efeito (*Cohen's d*) nas dimensões horizontal e vertical da abertura labial entre os modos vocal neutral e belting, considerando vogais e regiões da tessitura vocal.

Vogal	Região	Δ Horizontal (mm)	d de Cohen Horizontal	Δ Vertical (mm)	d de Cohen Vertical
/a/	Baixa	3,7	2,4	-5,0	-1,1
/a/	Alta	2,5	3,7	-4,8	-2,7
/e/	Baixa	-3,1	-0,6	-4,7	-0,9
/e/	Alta	1,0	0,9	0,5	0,2
/e/	Baixa	7,5	3,7	1,0	0,4
/e/	Alta	4,7	3,2	-1,6	-0,3
/i/	Baixa	0,5	0,2	1,1	2,9
/i/	Alta	2,2	4,2	1,0	8,0

Valores positivos indicam aumento da dimensão no modo belting em relação ao modo neutral; valores negativos indicam redução.

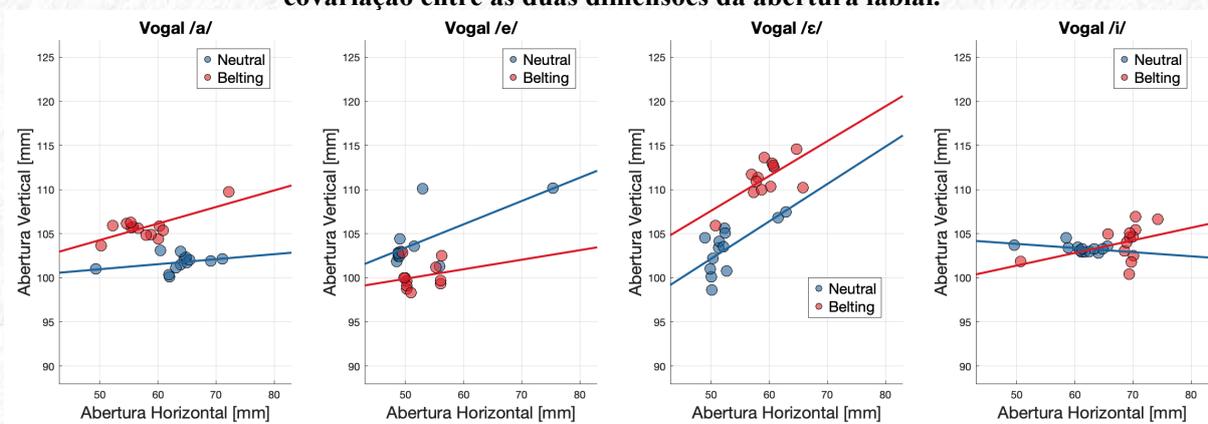
Fonte: autoria própria.

Os gráficos da Figura 4 ilustram a relação entre as dimensões horizontal e vertical da abertura labial para cada vogal. Observa-se que, em todas as vogais, o belting tende a provocar aumentos simultâneos nas dimensões horizontal e vertical, evidenciado pelas inclinações positivas das linhas de regressão linear. Na vogal /a/, o belting apresentou maiores aberturas em ambas as dimensões, com incremento mais acentuado da abertura vertical à medida que a



horizontal aumenta. Para a vogal /e/, ao contrário, houve menores aberturas em ambas as dimensões no belting, e a abertura vertical cresceu menos em função do aumento horizontal. Na vogal /ε/, observou-se maior abertura em ambas as dimensões no belting, mas tanto no belting quanto no neutral a abertura vertical aumentou em grau semelhante com a ampliação da horizontal. Já na vogal /i/, houve aumento simultâneo das aberturas horizontal e vertical no belting, diferentemente do neutral, em que a abertura vertical diminuiu com o aumento da horizontal.

Figura 4 - Relação entre abertura horizontal (Ma07–Ma08, em mm) e abertura vertical (Ma05–Ma06, em mm) nos modos neutral e *belting*, por vogal. Linhas de tendência indicam o padrão de covariação entre as duas dimensões da abertura labial.

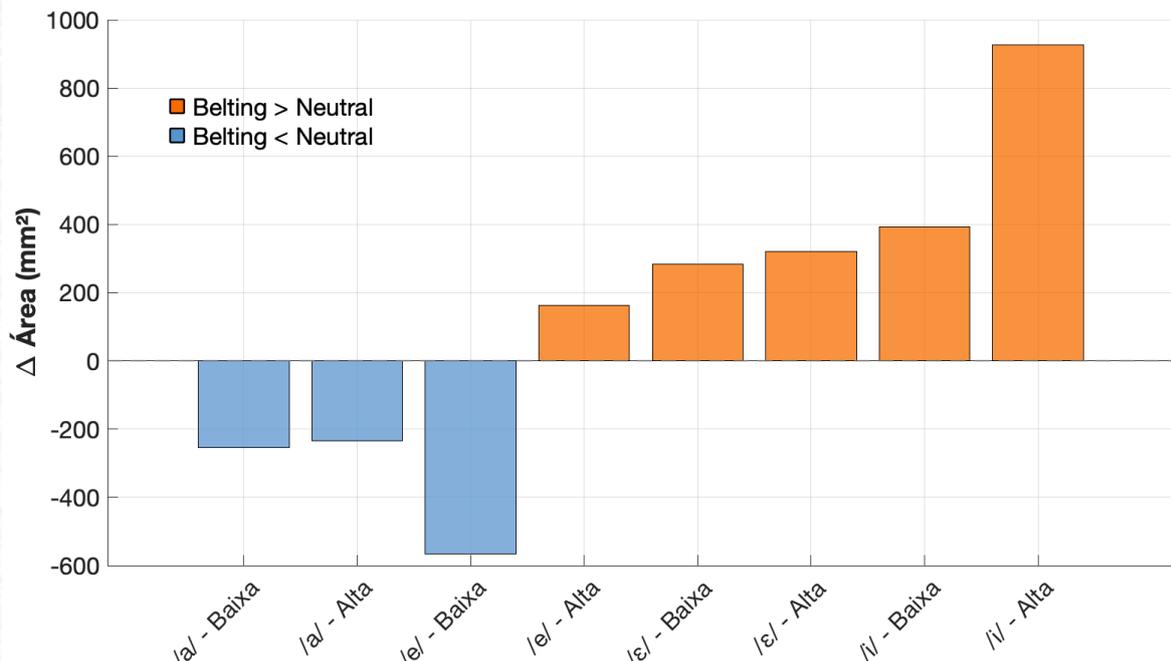


Fonte: autoria própria.

Foi analisada a variação da área labial média entre os modos neutral e *belting*, conforme ilustrado na Figura 5. A vogal /a/ apresentou redução da área em ambas as regiões da tessitura, sugerindo uma estratégia articulatória de contenção espacial no belting. Para /e/, observou-se uma redução expressiva na região baixa, contrastando com um aumento na região alta, o que pode refletir adaptações acústico-articulatórias diante das exigências dos registros agudos. A vogal /ε/ demonstrou aumento da área labial nas duas regiões, indicando tendência de expansão associada à projeção vocal. A vogal /i/ evidenciou os maiores aumentos de área, especialmente na região alta (+34,95%), sugerindo um ajuste fisiológico relevante para compensar as restrições naturais dessa configuração vocálica no belting.



Figura 5 - Variação absoluta da área labial entre os modos vocal *belting* e neutral, expressa em milímetros quadrados (mm²). Valores positivos indicam aumento de área no modo *belting*; valores negativos indicam redução.



Fonte: autoria própria.

Análise acústica

Formantes

Foram analisadas as frequências médias dos quatro primeiros formantes (F1 a F4) das vogais /a/, /e/, /ɛ/ e /i/ nos modos neutral e belting, conforme ilustrado na Figura 6. A vogal /i/ apresentou as alterações mais expressivas entre os modos, com aumentos consistentes em F2, F3 e F4 no *belting*, sugerindo amplas reconfigurações articulatorias para sustentar as características sonoras dessa qualidade vocal. Na vogal /e/, também anterior, observou-se elevação de F1 e F2 no belting, indicando maior abertura e avanço da língua nesse modo. Essa interpretação é compatível com a descrição clássica de Ladefoged e Johnson (2011), segundo a qual vogais anteriores como /i/ e /e/ apresentam valores elevados de F2 justamente devido à projeção anterior do dorso da língua. Já as vogais /ɛ/ e /a/ mostraram mudanças mais discretas, restritas sobretudo às frequências superiores (F3 e F4), sugerindo ajustes mais sutis no trato vocal para manter a projeção e a inteligibilidade no *belting*.



Figura 6 - Médias dos quatro primeiros formantes (F1–F4, em Hz) para /a/, /e/, /ɛ/ e /i/ nos modos neutral e belting, calculadas no trecho estável das emissões sustentadas.

Fonte: autoria própria.

Demais parâmetros acústicos

Além dos formantes, foram avaliados parâmetros acústicos como intensidade sonora (*RMS*), *jitter*, *shimmer*, *cepstral peak prominence (CPP)* e *harmonics-to-noise ratio (HNR)*, para comparar os modos neutral e belting. O *belting* apresentou aumentos expressivos na intensidade sonora, com elevações significativas de *RMS*, especialmente em /e/ na região baixa ($p < 0,0001$; $d = 4,3$) e em /i/ na região alta ($p = 0,0036$; $d = 2,6$). A significância estatística foi avaliada pelo teste *t* para amostras independentes, considerando diferenças com $p < 0,05$ como estatisticamente significativas (Crawley, 2014).

Os parâmetros de estabilidade glótica mostraram variações: o *jitter* aumentou em algumas condições, como em /a/ na região alta, mas diminuiu em outras, como em /i/ na região alta. O *shimmer* também tendeu a reduzir, com destaque para /e/ na região baixa ($p = 0,0019$; $d = -1,9$). O *CPP* sofreu redução em certos contextos, sugerindo menor periodicidade harmônica no *belting*, enquanto o *HNR* apresentou padrões mistos, com quedas relevantes, por exemplo,



em /i/ na região alta ($p = 0,0224$; $d = -1,8$), mas também aumentos, como em /e/ na região baixa ($p = 0,0122$; $d = 1,44$). Esses resultados indicam que o belting envolve não apenas ajustes articulatórios, mas também alterações significativas em diversos parâmetros acústicos, moduladas conforme vogal e região da tessitura.

Correlações

A Figura 7 apresenta as correlações de *Pearson*¹ entre as medidas articulatórias — abertura horizontal, abertura vertical e área labial — e os parâmetros acústicos da voz cantada (*CPP*, *F1–F4*, *HNR*, *jitter*, *shimmer* e *RMS*). Para cada vogal e tipo de abertura, os valores de *r* foram combinados pela média entre as regiões alta e baixa da tessitura, de modo a representar uma tendência global por parâmetro.

A análise evidencia padrões distintos modulados pela vogal e pela direção de abertura labial. Para a vogal /i/, observa-se comportamento positivo consistente de *F2*, *F4*, *RMS* e *CPP* na abertura horizontal, enquanto na abertura vertical esse padrão se amplia para *F2*, *F3*, *F4*, *RMS* e *CPP*. De forma semelhante, na abertura de área, *F2*, *F3*, *F4*, *RMS* e *CPP* também permanecem acima de 0,5, indicando que tanto a expansão vertical quanto a global (de área) favorecem a ressonância e a intensidade dessa vogal. Entretanto, nessas mesmas condições, *HNR*, *jitter* e *shimmer* apresentam correlações negativas abaixo de $-0,5$, sugerindo que aumentos mais amplos na abertura podem comprometer parcialmente a estabilidade e a periodicidade glótica. Esses achados reforçam a ideia de que a articulação labial interage de modo complexo com os parâmetros acústicos, de forma que ganhos em projeção e brilho podem ocorrer à custa de maior instabilidade na fonte glótica, especialmente em ajustes mais extremos.

Na vogal /a/, a abertura horizontal revela correlações positivas para *RMS*, *jitter* e *shimmer*, enquanto o *F4* tende a valores negativos próximos a $-0,5$. Na abertura vertical, observa-se *CPP* levemente positivo e *RMS* e *jitter* com tendência negativa, padrão que se repete na abertura de área, onde o *CPP* permanece pouco acima de 0,5, mas o *RMS* cai ligeiramente abaixo de $-0,5$. Esse conjunto sugere um comportamento misto, em que a expansão labial pode favorecer aspectos de energia e projeção em determinadas direções, ao mesmo tempo em que reduz a estabilidade glótica e a ressonância em outras.

¹ O coeficiente de correlação (*r*), que varia de -1 a $+1$, indica respectivamente correlação linear negativa perfeita, ausência de correlação linear e correlação linear positiva perfeita (Crawley, 2014).



A vogal /e/ mantém-se próxima de zero na maior parte das correlações, sugerindo baixa sensibilidade articulatória em relação aos parâmetros acústicos avaliados. Na abertura vertical, observa-se *HNR* abaixo de $-0,5$, padrão que também aparece de forma mais discreta na abertura de área, enquanto a abertura horizontal não apresenta correlações significativas, reforçando a ausência de efeitos consistentes para essa vogal. Por outro lado, a vogal /e/ apresenta um perfil misto: na abertura horizontal, observa-se *RMS* acima de $0,5$ e *HNR* em torno de $-0,5$, enquanto na abertura vertical não há valores significativos de correlação. Na abertura de área, *F4* e *jitter* mostram-se próximos a $0,5$ e o *HNR* mantém-se próximo a $-0,5$, sugerindo que apenas alguns parâmetros respondem positivamente à expansão labial, enquanto outros indicam possível perda de estabilidade glótica.

A análise revela três tendências centrais. (I) Ressonância do trato vocal ($F1-F4$): a vogal /i/ apresenta o perfil mais consistente, com correlações acima de $0,5$ para $F2$, $F3$ e $F4$ na abertura vertical e de área, indicando que expansões labiais mais amplas favorecem a amplificação ressonantal e, por consequência, o brilho vocal. Na vogal /e/, esse efeito restringe-se ao $F4$ na abertura de área ($\approx 0,5$), enquanto em /a/ e /e/ não foram observadas correlações relevantes, exceto por valores levemente positivos de *CPP* na abertura de área para /a/.

(II) Intensidade do sinal (*RMS*): a energia vocal acompanha parcialmente o padrão ressonantal. Na vogal /i/, o *RMS* mantém-se acima de $0,5$ nas três direções de abertura, reforçando o ganho de projeção com maior abertura labial. Na vogal /e/, *RMS* positivo ocorre apenas na abertura horizontal ($> 0,5$), enquanto em /a/ os valores tornam-se negativos na abertura vertical e de área, sugerindo perda de intensidade nesses contextos.

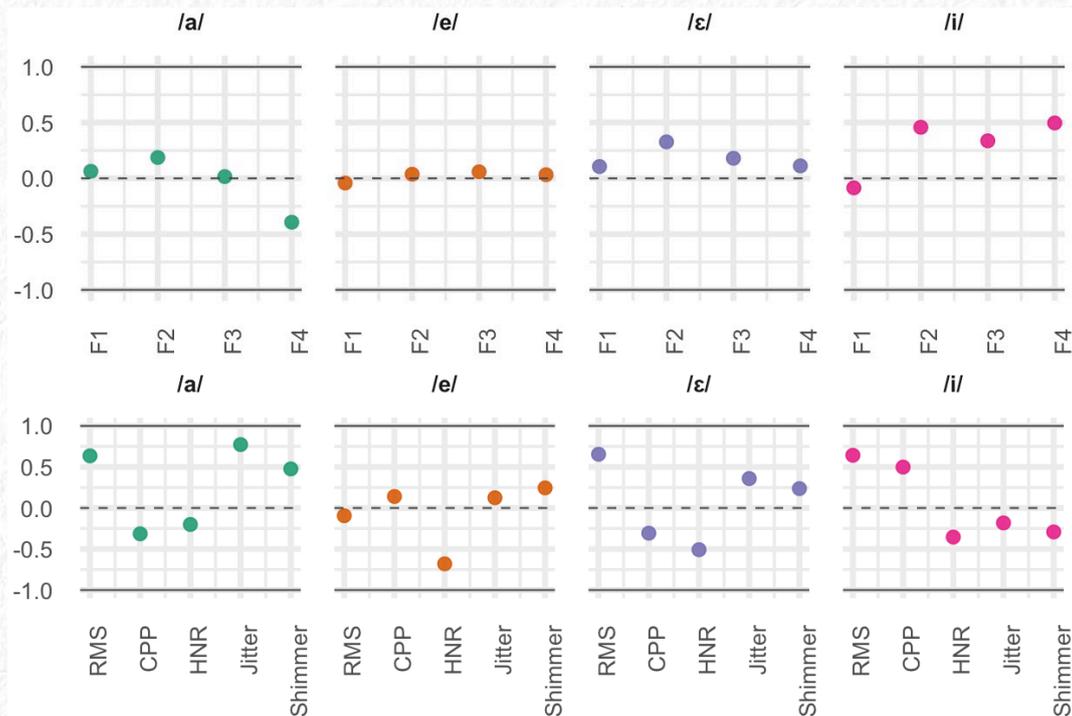
(III) Estabilidade da fonte glótica (*jitter*, *shimmer*) e harmonicidade (*CPP*, *HNR*): aumentos expressivos de abertura labial, embora ampliem a energia e a ressonância, mostram correlações negativas para *HNR*, *jitter* e *shimmer* na vogal /i/ (todas $< -0,5$), sugerindo perda de regularidade temporal e espectral da emissão. Em /e/, o *HNR* também assume valores negativos ($\approx -0,5$) na horizontal e na área, enquanto em /a/ o padrão negativo aparece para *jitter* e *RMS* na vertical e na área, coexistindo com *CPP* levemente positivo na área ($> 0,5$). Já a vogal /e/ mantém-se próxima de zero na maior parte das correlações, exceto por valores negativos de *HNR* na vertical e na área, evidenciando baixa sensibilidade articulatória e acústica. Esses achados, ainda que provenientes de um estudo piloto ($n = 1$), alinham-se aos modelos de



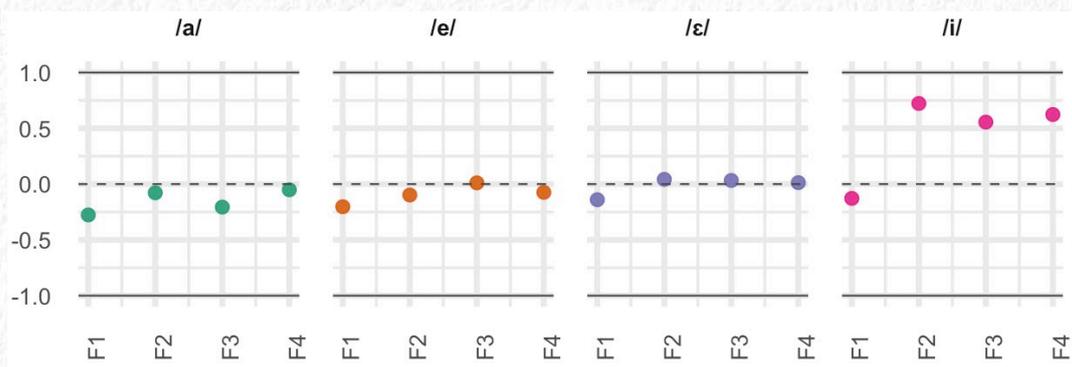
interação fonte-filtro e destacam a relevância dos ajustes articulatorios para compreender a produção vocal em estilos de alta demanda, como o *belting*.

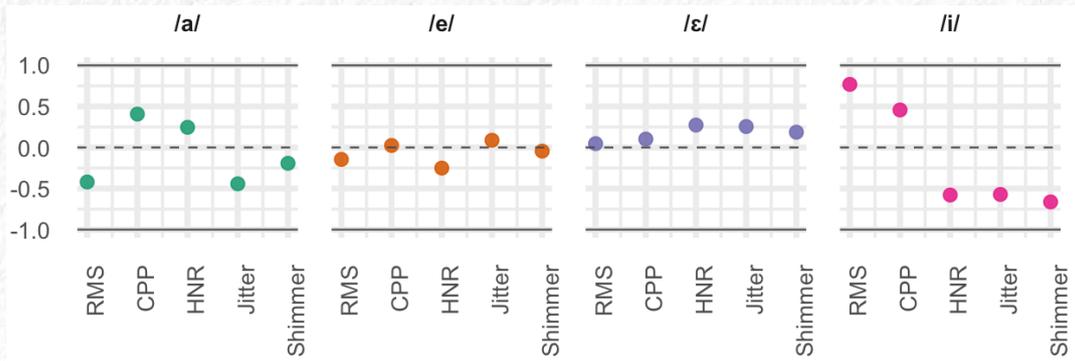
Figura 7 - Correlações de Pearson entre medidas articulatórias (abertura horizontal, abertura vertical e área) e parâmetros acústicos da voz cantada (média entre regiões alta e baixa).

(a) Abertura horizontal

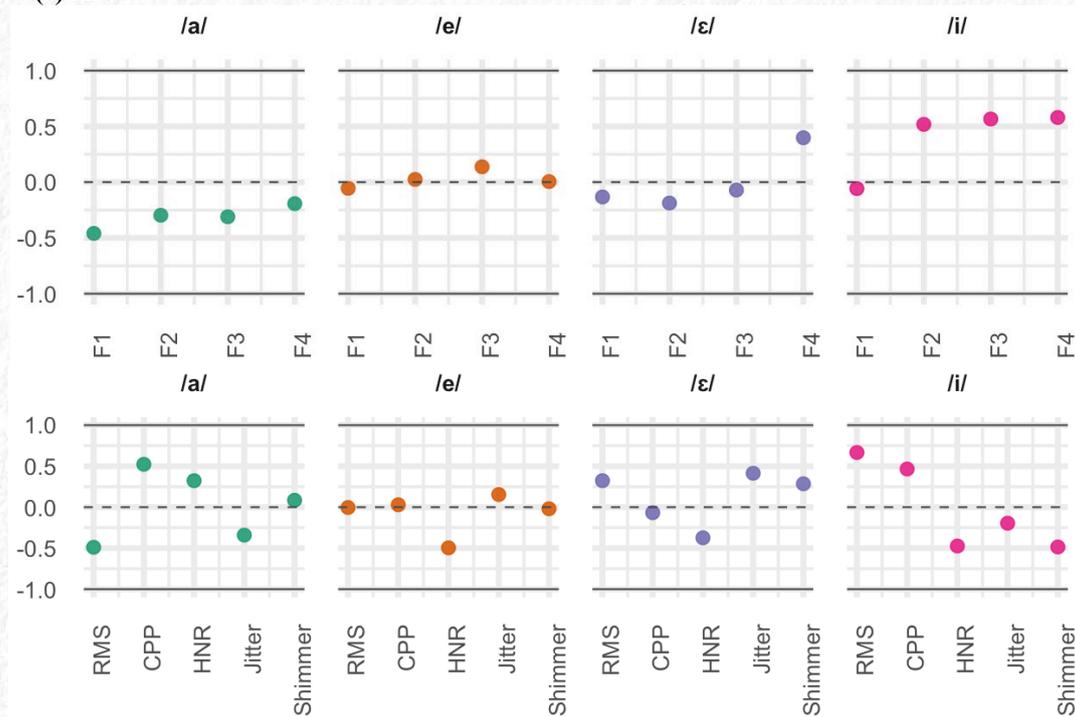


(b) Abertura vertical





(c) Área



Fonte: autoria própria.

Conclusões

Este estudo-piloto indica que o canto *belting* envolve ajustes labiais específicos, com predomínio de expansões horizontais e, em menor grau, verticais, moduladas pela vogal e pela região da tessitura. Esses movimentos não são apenas acessórios: eles se associam a mudanças acústicas importantes, como a elevação dos formantes superiores (F2–F4) e o aumento da intensidade sonora (RMS), confirmando a relação entre configuração do trato vocal e projeção vocal.



Vogais mais fechadas, como /i/, exigiram aberturas mais amplas, sobretudo nas notas agudas, possivelmente para compensar limitações naturais de ressonância e manter brilho e inteligibilidade — um resultado alinhado aos modelos de interação fonte–filtro. Ao mesmo tempo, observou-se que aberturas extremas podem vir acompanhadas de menor estabilidade glótica (*HNR*, *jitter*, *shimmer*), sugerindo um possível equilíbrio entre ganho de projeção e controle da regularidade da emissão.

Por se tratar de um estudo exploratório com uma única participante e emissões sustentadas em contexto controlado, os achados devem ser vistos como indicativos. Pesquisas futuras, com amostras maiores, poderão esclarecer melhor esses mecanismos e orientar aplicações pedagógicas e clínicas em estilos vocais de alta demanda, como o *belting*.

Agradecimentos

Gostaríamos de agradecer ao apoio financeiro do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq e da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais – FAPEMIG que viabilizaram esta pesquisa.

Referências

- ARAÚJO, Marconi. **Belting Contemporâneo: Aspectos técnico-vocais para Teatro Musical e Música Pop**. Brasília, DF: Bohumil Med, 2013. (Musicologia - 28). v. 1
- ARNELA, Marc *et al.* Influence of lips on the production of vowels based on finite element simulations and experiments. **The Journal of the Acoustical Society of America**, [s. l.], v. 139, n. 5, p. 2852–2859, 2016.
- BOARDMAN, Susan. **Voice Training for the Musical Theater Singer**. Cincinnati, OH: University of Cincinnati, 1987.
- COHEN, Jacob. **Statistical power analysis for the behavioral sciences**. 2nd eded. Hillsdale, N.J.: L. Erlbaum Associates, 1988.
- CRAWLEY, Michael J. **Statistics: an introduction using R**. Second editioned. Chichester, West Sussex, UK: John Wiley & Sons, Inc, 2014.
- DAHLHAUS, Carl. **Esthetics of music**. Cambridge ; New York: Cambridge University Press, 1982.
- GICK, Bryan *et al.* Quantal biomechanical effects in speech postures of the lips. **Journal of Neurophysiology**, [s. l.], v. 124, n. 3, p. 833–843, 2020.



JENNINGS, Colleen Ann. **Belting is beautiful: welcoming the musical theater singer into the classical voice studio**. 2014. Doctor of Musical Arts - University of Iowa, [s. l.], 2014. Disponível em: <https://iro.uiowa.edu/esploro/outputs/doctoral/9983777398202771>. Acesso em: 21 nov. 2023.

KABSCH, W. A discussion of the solution for the best rotation to relate two sets of vectors. **Acta Crystallographica Section A**, [s. l.], v. 34, n. 5, p. 827–828, 1978.

KABSCH, W. A solution for the best rotation to relate two sets of vectors. **Acta Crystallographica Section A**, [s. l.], v. 32, n. 5, p. 922–923, 1976.

LADEFOGED, Peter; JOHNSON, Keith. **A course in phonetics**. Sixth editioned. Boston, MA: Wadsworth/Cengage Learning, 2011.

LAVER, John. **The phonetic description of voice quality**. Cambridge ; New York: Cambridge University Press, 1980.

MILES, Beth; HOLLIEN, Harry. Whither Belting?. **Journal of Singing**, [s. l.], v. 4, n. 1, p. 64–70, 1990.

POPEIL, Lisa. The Multiplicity of Belting. **Journal of Singing**, [s. l.], v. 64, n. 1, p. 77–80, 2007.

ROUBEAU, Bernard; HENRICH, Nathalie; CASTELLENGO, Michèle. Laryngeal Vibratory Mechanisms: The Notion of Vocal Register Revisited. **Journal of Voice**, [s. l.], v. 23, n. 4, p. 425–438, 2009.

SADOLIN, Cathrine. **Complete vocal technique**. 3. editioned. Copenhagen: CVI publications, 2012.

SCHUTTE, Harm K.; MILLER, Donald G. Belting and pop, nonclassical approaches to the female middle voice: Some preliminary considerations. **Journal of Voice**, [s. l.], v. 7, n. 2, p. 142–150, 1993.

SUNDBERG, Johan; THALÉN, Margareta. Respiratory and Acoustical Differences Between Belt and Neutral Style of Singing. **Journal of Voice**, [s. l.], v. 29, n. 4, p. 418–425, 2015.

SUNDBERG, Johan; THALÉN, Margareta; POPEIL, Lisa. Substyles of Belting: Phonatory and Resonatory Characteristics. **Journal of Voice**, [s. l.], v. 26, n. 1, p. 44–50, 2012.

TITZE, Ingo R.; WORLEY, Albert S. Modeling source-filter interaction in belting and high-pitched operatic male singing. **The Journal of the Acoustical Society of America**, [s. l.], v. 126, n. 3, p. 1530–1540, 2009.

