

Medidas cepstrais: análise dos resultados após programa integral de reabilitação vocal associado à eletroterapia

Cepstral measurements: analysis of results after the comprehensive vocal rehabilitation program associated with electrotherapy

Aline Pereira Santos Marques¹ , Jéssica Nazareno² , Bárbara Pereira Lopes³ , Ana Cristina Côrtes Gama⁴ 

RESUMO

Objetivo: avaliar o efeito da terapia fonoaudiológica com o Programa Integral de Reabilitação Vocal (PIRV) associado à estimulação elétrica nervosa transcutânea (TENS) em cantoras populares com queixas vocais, utilizando as medidas cepstrais Cepstral Peak Prominence (CPP), Cepstral Peak Prominence-Smoothed (CPPS) e avaliação perceptivo-auditiva da voz. **Métodos:** estudo experimental com 30 cantoras populares, amadoras e profissionais, com queixas vocais. Foram realizadas avaliações acústicas e perceptivo-auditivas antes e depois de seis semanas de intervenção, que incluíram exercícios do PIRV combinados com TENS. As amostras vocais foram submetidas à extração das medidas CPP e CPPS por meio do software Praat. **Resultados:** houve aumento significativo das medidas de CPP e CPPS após a fonoterapia, indicando melhora na periodicidade e redução dos ruídos vocais. A análise perceptivo-auditiva também revelou melhora significativa na qualidade vocal, com redução no grau de desvio vocal. **Conclusão:** a terapia combinada de PIRV e TENS proporcionou melhora significativa na qualidade vocal de cantoras com queixas vocais, evidenciada pelo aumento das medidas cepstrais e pela avaliação perceptivo-auditiva.

Palavras-chave: Voz; Qualidade da voz; Canto; Fonoterapia; Distúrbios da voz; Estimulação elétrica nervosa transcutânea; Acústica da fala

ABSTRACT

Purpose: To evaluate the effect of speech-language-hearing therapy using the Comprehensive Vocal Rehabilitation Program (CVRP) combined with transcutaneous electrical nerve stimulation (TENS) in female pop singers with vocal complaints, using cepstral measures (CPP and CPPS) and auditory-perceptual evaluation of voice. **Methods:** This experimental study included 30 pop singers, both amateur and professional, with vocal complaints. Acoustic and perceptual-auditory assessments were conducted before and after six weeks of intervention, which involved CVRP exercises combined with TENS. Voice samples were analyzed using Praat software to measure CPP and CPPS. **Results:** CPP and CPPS measures increased significantly after therapy, indicating improved periodicity and reduced vocal noise. The auditory-perceptual evaluation also indicated significantly improved vocal quality, with reduced hoarseness. **Conclusion:** The combined therapy with CVRP and TENS significantly improved the vocal quality of singers with vocal complaints, confirmed by increases in cepstral measures and auditory-perceptual evaluation.

Keywords: Voice; Voice quality; Singing; Speech therapy; Voice disorders; Transcutaneous electrical nerve stimulation; Speech acoustics

Trabalho realizado na Faculdade de Medicina, Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG – Belo Horizonte (MG), Brasil.

¹Graduação em Fonoaudiologia, Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG – Belo Horizonte (MG), Brasil.

²Programa de Pós-graduação em Ciências Fonoaudiológicas (Mestrado), Universidade Federal de Minas de Gerais – UFMG – Belo Horizonte (MG), Brasil.

³Programa de Pós-graduação em Ciências Fonoaudiológicas (Doutorado), Universidade Federal de Minas de Gerais – UFMG – Belo Horizonte (MG), Brasil.

⁴Departamento de Fonoaudiologia, Faculdade de Medicina, Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG – Belo Horizonte (MG), Brasil.

Conflito de interesses: Nada a declarar.

Contribuição dos autores: APSM e BPL auxiliaram na coleta de dados e na elaboração do artigo; JN revisou o artigo; ACCG revisou o artigo e coordenou o projeto.

Declaração de Disponibilidade de Dados: Os dados de pesquisa estão disponíveis somente mediante solicitação.

Financiamento: Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq. Processo nº 304475/2023-8.

Autor correspondente: Jéssica Nazareno. E-mail: jessicanazareno18@gmail.com

Recebido: Setembro 03, 2025; **Aceito:** Dezembro 27, 2025

Editor-Chefe: Maria Cecília Martinelli Iorio.

Editor Associado: Leonardo Wanderley Lopes.

INTRODUÇÃO

Cantar é uma atividade de grande demanda fonoarticulatória e envolve a ativação e a coordenação de diversos sistemas, tais como os sistemas respiratório, fonatório, articulatório, ressonantal e auditivo. Para alcançar uma performance vocal satisfatória, é essencial o controle preciso do fluxo aéreo, ajustes laringeos adequados, uso eficiente das cavidades de ressonância e o bom funcionamento dos órgãos fonoarticulatórios⁽¹⁾.

O comprometimento de um ou mais desses fatores pode interferir na produção vocal natural, configurando um quadro de disфония, que se constitui como um relevante indicador de distúrbios da comunicação oral^(1,2).

A disфония pode se manifestar por diversos sinais e sintomas, como cansaço vocal, ardência ou dor ao falar ou cantar, pigarro frequente, rouquidão, alteração na altura vocal, falhas na emissão ou perda da voz, entre outros. Tais manifestações podem ocorrer de forma isolada ou concomitante, variando de acordo com a gravidade do quadro clínico⁽²⁾.

Devido à elevada demanda vocal, profissionais da voz apresentam maior suscetibilidade à disфония⁽²⁾. No caso dos cantores, especificamente, observa-se frequentemente o uso de ajustes musculares inadequados ou modelos vocais incompatíveis com suas características anatomofisiológicas laringeas^(1,2).

A prática do canto popular frequentemente ocorre sem treinamento formal, o que pode resultar em técnica vocal inadequada. Quando associada à falta de cuidados com a voz e ao uso incorreto ou excessivo, essa condição pode favorecer o desenvolvimento de disфонияs⁽³⁾.

Em cantoras, a presença da disфония pode estar associada ao uso excessivo da voz e à sobrecarga dos músculos extrínsecos da região cervical, o que resulta em alterações do ajuste fonte-filtro e compromete a eficiência fonatória^(3,4).

Dentre as possíveis causas de disфонияs em cantores, destacam-se o uso incorreto e o abuso vocal como os principais fatores predisponentes, caracterizando a disфония de origem comportamental⁽¹⁾.

A prevalência de disфония entre cantores é significativamente alta, variando entre 40,53% e 55,15% em professores de canto, cantores de música popular e cantores clássicos⁽³⁾.

Diante desse cenário, a reabilitação vocal se apresenta como uma importante ferramenta para a manutenção da atividade laboral de profissionais da voz, estabelecida como um tratamento eficaz para a disфония⁽⁴⁾.

Existem diferentes técnicas e métodos utilizados na terapia vocal e, dentre as alternativas que se apresentam, este estudo deu enfoque ao Programa Integral de Reabilitação Vocal (PIRV)⁽⁵⁾ e à estimulação elétrica nervosa transcutânea (TENS)⁽⁶⁾.

O Programa Integral de Reabilitação Vocal (PIRV), desenvolvido no Brasil, é um método com uma abordagem holística, englobando cinco aspectos: corpo-voz, fonte glótica, ressonância, coordenação pneumofonoarticulatória e atitude comunicativa^(5,7).

O programa inclui uma série de exercícios amplamente utilizados na terapia vocal e é aplicado em, no mínimo, seis sessões semanais, com progressão gradual de dificuldade. Além das sessões clínicas, são recomendados exercícios complementares para serem realizados em casa^(5,7).

A literatura aponta que o PIRV apresenta evidências positivas em relação à melhora na qualidade vocal, na função laringea e na qualidade de vida de pacientes com disфония^(7,8).

Já a estimulação elétrica nervosa transcutânea (TENS), é um método terapêutico que tem sido cada vez mais utilizado na prática clínica fonoaudiológica. É uma técnica considerada simples e não invasiva, que objetiva promover o relaxamento laringeo⁽⁹⁾.

Estudos apontam que combinar a TENS com outras técnicas de terapia vocal potencializa os efeitos da terapia, uma vez que a aplicação da TENS promove o relaxamento da musculatura cervical^(6,9).

Revisões sistemáticas recentes^(10,11) indicam que a TENS tem sido aplicada na reabilitação vocal de indivíduos disfônicos com resultados clínicos promissores. A maioria dos estudos revisados relatou efeitos positivos da TENS, incluindo redução da dor musculoesquelética, diminuição dos sintomas como dor à fonação, melhora da percepção do trato vocal, redução de alterações laringeas associadas à disфония e melhora de parâmetros perceptivo-auditivos da voz, como tensão, sopro, aspereza, instabilidade e astenia^(10,11).

Do ponto de vista fisiológico, a redução da tensão da musculatura cervical tende a diminuir a hiperatividade compensatória durante a emissão e melhorar a função vocal⁽⁸⁻¹⁰⁾. Por isso, a hipótese desta pesquisa é de que a TENS, ao promover um efeito de relaxamento muscular, potencializa os ganhos do PIRV, o que permite melhor transferência motora e equilíbrio funcional buscados na terapia fonoaudiológica^(5,6,9,10).

A avaliação fonoaudiológica da voz tem como objetivo identificar a presença de disфония e fornecer parâmetros mensuráveis para monitorar a efetividade da fonoterapia. Para isso, é fundamental que a avaliação adote uma abordagem multidimensional, contemplando análise perceptivo-auditiva e acústica da voz, avaliação aerodinâmica, exame visual da laringe e análise da autopercepção vocal do paciente^(12,13).

A análise perceptivo-auditiva é uma ferramenta subjetiva, considerada padrão ouro e uma das mais utilizadas para a avaliação da voz. Essa análise se baseia no julgamento auditivo do avaliador quanto à qualidade vocal do paciente⁽¹³⁾.

A análise acústica é um instrumento complementar à avaliação perceptivo-auditiva e permite realizar medições objetivas do sinal de voz por meio de dados quantitativos e qualitativos da função vocal, o que possibilita a comparação desses resultados com parâmetros normativos⁽¹²⁻¹⁴⁾.

Embora as medidas acústicas tradicionais de perturbação e ruído, como *jitter*, *shimmer* e relação harmônico-ruído sejam amplamente utilizadas na avaliação fonoaudiológica, elas podem apresentar limitações na análise de vozes com maiores desvios^(15,16) e, desse modo, comprometer sua confiabilidade.

A medida cepstral *Cepstral Peak Prominence* (CPP) foi recentemente recomendada pela *American Speech-Language-Hearing Association* (ASHA)⁽¹⁷⁾ por se mostrar mais confiável para a avaliação de vozes com ampla faixa de desvio⁽¹⁶⁾ e não requer o cálculo direto da frequência fundamental, diferentemente do que ocorre para a obtenção das medidas acústicas tradicionais⁽¹⁷⁾.

O CPP representa a diferença de amplitude entre o pico mais alto do espectro cepstral e uma linha de base de referência traçada abaixo desse pico. Reflete a proeminência do componente periódico da voz em relação ao ruído e à aperiodicidade do sinal vocal⁽¹⁸⁻²⁰⁾. Já o *Cepstral Peak Prominence-Smoothed* (CPPS) é uma modificação do CPP, que potencializa a assertividade e ainda facilita a obtenção da medida por meio do sinal de fala. Os valores mais baixos obtidos por essas medidas são tipicamente relacionados a maiores graus de disфония⁽¹⁸⁻²⁰⁾.

Ainda que recentes, pesquisas já demonstram e sugerem a utilização dessas medidas para detecção do desvio vocal e

também como ferramenta robusta de avaliação do resultado do processo terapêutico, o que possibilita acompanhar as mudanças na função vocal obtidas com o tratamento fonoterápico^(12,20,21).

A presente pesquisa se justifica pela necessidade de aprofundar o conhecimento sobre parâmetros avaliativos recentes, como as medidas cepstrais, na abordagem terapêutica de cantoras populares com queixas vocais. A recomendação do uso das medidas cepstrais CPP e CPPS como parâmetros acústicos robustos para avaliação da qualidade vocal é relativamente recente na literatura⁽¹⁸⁻²¹⁾, assim como os estudos experimentais que investigam o efeito da terapia fonoaudiológica associada à aplicação da TENS em quadros disfônicos^(6,9-11). Dessa forma, este estudo contribui ao integrar dois recursos inovadores — na avaliação e no tratamento — voltados a um público vocalmente exigido e ainda pouco explorado em pesquisas clínicas.

O objetivo desta pesquisa foi avaliar o efeito da terapia fonoaudiológica com o PIRV associado à aplicação da TENS, em cantoras populares com queixas vocais, por meio da análise das medidas cepstrais de CPP e CPPS e da avaliação perceptivo-auditiva da voz.

MÉTODOS

Desenho do estudo

Trata-se de estudo experimental comparativo intrassujeito, aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal de Minas Gerais – CEP/UFMG, sob o número 59014916.6.0000.5149.

Amostra

A amostra foi constituída por 30 cantoras com queixas vocais, recrutadas em um consultório de fonoaudiologia localizado em Belo Horizonte (MG) e em corais da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). Todas as participantes assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), autorizando a sua participação na pesquisa.

A coleta de dados foi realizada no Observatório de Saúde Funcional em Fonoaudiologia da Faculdade de Medicina da Universidade Federal de Minas Gerais (OSF/UFMG).

Os sujeitos elegíveis para este estudo foram cantoras populares, de 18 a 55 anos de idade, com atuação amadora ou profissional, com presença de queixas vocais, definida a partir de avaliação fonoaudiológica. Para analisar a presença de queixas vocais autorreferidas pelas cantoras, foram aplicadas três questões:

1. “Você tem alguma dificuldade ou desconforto na sua voz cantada?”
2. “Você tem alguma dificuldade ou desconforto na sua voz falada?”
3. “Você acha que sua voz é alterada?”

A presença de queixa vocal foi definida pelas respostas afirmativas às três perguntas.

Foram excluídas do estudo as cantoras que, na avaliação otorrinolaringológica, apresentavam lesões laringeas, como cistos, pólipos, nódulos, granulomas, entre outras alterações estruturais, com o objetivo de garantir maior homogeneidade ao

grupo avaliado. Foram também excluídas cantoras com problemas cardíacos, portadoras de marcapasso cardíaco, grávidas, com dores laringeas não diagnosticadas, hipertensas, diagnosticadas com hipertireoidismo ou hipotireoidismo, epiléticas e tabagistas.

A avaliação otorrinolaringológica foi realizada por um otorrinolaringologista com mais de 20 anos de experiência, por meio do exame de videolaringoscopia de alta velocidade.

Procedimentos de coleta dos dados

Cada participante foi submetida a duas avaliações. As avaliações perceptivo-auditiva e acústica da voz foram feitas antes e após a fonoterapia, para que fosse possível mensurar o resultado da intervenção.

A primeira avaliação (A1) foi realizada imediatamente antes do início da intervenção. A segunda avaliação (A2) ocorreu imediatamente após a última sessão, representada pela sexta semana de tratamento com o PIRV associado à TENS, mantendo o mesmo intervalo para todas as participantes, a fim de garantir a padronização do procedimento.

Para a coleta das amostras vocais, as participantes foram orientadas a permanecer sentadas, a uma distância de dez centímetros entre a boca e o microfone. Em seguida, foram instruídas sobre o procedimento e, na sequência, realizou-se o registro.

Durante a gravação, foi solicitado a cada cantora que emitisse a vogal [a] de forma sustentada, em frequência e intensidade confortáveis e habituais.

A emissão da vogal sustentada [a] foi gravada em uma sala acusticamente tratada e processada diretamente em um computador, por meio do *software* Multi-Dimensional Voice Program – MDVP-da Kay Pentax® (Kay Elemetrics Corporation, Lincoln Park, NJ, USA), com uso de um microfone unidirecional, condensador, fixo em pedestal de mesa, da marca Shure® (Shure Inc., Niles, IL, USA), localizado a uma distância de dez centímetros da comissura labial, com ângulo de captação direcional de 45 graus. Para controle da amplitude do sinal, o ganho foi mantido constante durante toda a coleta, assegurando uniformidade entre os registros. Além disso, verificou-se previamente a adequação do nível de entrada do sinal acústico, de modo a evitar distorções e garantir a qualidade das amostras vocais.

As amostras continham o tempo de quatro segundos cada, compondo, assim, um banco de 60 amostras vocais, sendo 30 referentes ao momento A1 e 30 ao momento A2. As amostras foram utilizadas tanto para a análise acústica, quanto para a avaliação perceptivo-auditiva da voz.

As amostras foram digitalizadas com taxa de amostragem de 44.1 kHz e resolução de amplitude de 16 bits, no formato .wav.

Análise acústica

As amostras vocais foram editadas para a extração dos três segundos centrais da vogal sustentada [a], a fim de garantir a estabilidade do sinal. A edição e análise das amostras vocais foram realizadas no *software* Praat® (versão 6.1.16). Utilizou-se um roteiro validado previamente para extração automática das medidas cepstrais de CPP e CPPS⁽²²⁾. A análise foi conduzida por um avaliador independente e cego, diferente da fonoaudióloga responsável pela aplicação da terapia, com o objetivo de reduzir vieses.

Avaliação perceptivo-auditiva

A análise perceptivo-auditiva foi realizada com base no grau geral do desvio vocal (G), por ser uma medida amplamente utilizada e validada na literatura como indicador global da qualidade vocal⁽²³⁾.

Do total de 60 amostras (30 participantes em dois momentos), 20% foram duplicadas casualmente, totalizando 72 amostras, organizadas em sequência aleatória. Essa replicação permitiu a verificação da concordância intra-avaliador.

As amostras foram apresentadas em um questionário on-line, elaborado na plataforma QuestionPro (<https://www.questionpro.com/pt-br/>), contendo, para cada item, um arquivo de áudio e uma Escala Visual Analógica (EVA) de 0 a 100 mm.

Os juízes foram informados de que valores mais próximos de 0 indicavam vozes com menor desvio vocal (mais próximas da neutralidade), enquanto valores mais próximos de 100 indicavam vozes com maior grau de desvio.

A avaliação foi realizada de forma individual, sem discussão entre os juízes, visando preservar a independência das análises. Cinco fonoaudiólogos com experiência mínima de cinco anos na área de voz participaram da avaliação. Antes do início da análise, os juízes receberam orientações padronizadas sobre o procedimento e realizaram um breve treinamento com amostras distintas daquelas incluídas no estudo, para garantir a familiaridade com a tarefa e calibrar o uso da escala.

Todas as avaliações foram realizadas com o uso de fone de ouvido supra-auricular modelo Multilaser Vibe Headphone estéreo, em ambiente silencioso. Os dados foram organizados em planilha eletrônica para análise estatística e verificação da concordância intra-avaliador dos cinco juízes.

Intervenção

As sessões terapêuticas ocorreram com intervalos semanais, num período de seis semanas, com duração de 30 minutos cada, e contemplaram os exercícios estabelecidos no protocolo denominado Programa Integral de Reabilitação Vocal – PIRV⁽⁵⁾ de forma concomitante à estimulação elétrica nervosa transcutânea – TENS. Os exercícios determinados pelo PIRV eram iniciados após dez minutos sob o uso da corrente TENS, de modo que, neste ponto, os músculos já se encontrassem relaxados, potencializando o efeito terapêutico⁽⁹⁻¹¹⁾.

O equipamento utilizado para a aplicação da eletroterapia com a corrente TENS foi o Neurodyn II, da marca Ibramed – TENS, modelo N53. Os parâmetros da corrente TENS de baixa frequência selecionados para a pesquisa foram: pulso quadrado bifásico simétrico, fase de 200 μ s, frequência de 10 Hz e intensidade no limiar motor.

A aplicação da TENS teve duração total de 30 minutos em cada sessão. No entanto, os exercícios do PIRV foram iniciados apenas após os primeiros dez minutos de eletroterapia. Dessa forma, os dez minutos iniciais de aplicação da TENS ocorreram de forma isolada, enquanto os 20 minutos subsequentes foram realizados concomitantemente à execução dos exercícios do PIRV.

Os eletrodos foram posicionados sobre a porção central do músculo trapézio médio, com uma unidade de eletrodo em cada lado cervical. Esse posicionamento permitiu a formação de um campo elétrico que atravessasse bilateralmente a região cervical, estimulando toda a área compreendida entre os pontos de colocação.

As participantes foram orientadas a remover adornos e objetos metálicos, como correntes e brincos, que pudessem interferir na condução da corrente elétrica. A região de aplicação dos eletrodos foi previamente higienizada por meio de fricção leve com gaze umedecida em álcool 70%, a fim de eliminar impurezas que pudessem dificultar a condução do estímulo elétrico.

A TENS foi aplicada com as participantes confortavelmente sentadas. A intensidade do estímulo variou de acordo com a sensibilidade de cada cantora e foi aumentada quando houve referência por parte da participante, de diminuição da sensação do estímulo⁽⁹⁻¹¹⁾.

O protocolo de eletroterapia adotado neste estudo foi baseado em descrições disponíveis na literatura científica que investigam os efeitos da TENS em contextos relacionados à voz⁽⁹⁻¹¹⁾. A TENS foi aplicada sobre os músculos trapézios superiores, considerando a relevância clínica dessa região, sua acessibilidade e segurança⁽⁸⁻¹¹⁾. Os tempos de aplicação da TENS descritos na literatura⁽⁹⁻¹¹⁾ variam entre 20 e 30 minutos, não havendo consenso quanto a um protocolo único, o que respalda a escolha metodológica adotada no presente estudo da aplicação da TENS com duração total de 30 minutos.

Além da execução dos exercícios durante as sessões, as participantes deveriam realizar os exercícios vocais preconizados pelo PIRV⁽⁵⁾ duas vezes por dia, em casa.

Somente uma fonoaudióloga, especialista em voz, realizou todos os atendimentos das 30 participantes da pesquisa, não tendo participado das etapas da avaliação dos dados vocais.

Análise estatística

A análise estatística dos dados foi realizada por meio do programa estatístico MINITAB, versão 17. Primeiramente, foi realizada uma análise descritiva dos dados com medidas de tendência central e dispersão. Posteriormente, foi utilizado o teste de *Anderson-Darling* para verificar a normalidade da amostra. Para comparação entre os momentos antes e após fonoterapia para as medidas acústicas de CPP e CPPS, utilizou-se o teste T pareado.

Para a avaliação da concordância intra-avaliador na avaliação perceptivo-auditiva, 20% das amostras foram replicadas e se utilizou o teste de concordância AC2 de Gwet. Os valores de concordância dos cinco avaliadores foram de 89,3%, 84%, 74,6%, 71%, e 49,3%. Tais valores são considerados de concordância quase perfeita (81% a 100%), substancial (61% a 80%) e, por último, o correspondente a uma concordância moderada (41% a 60%)⁽²⁴⁾.

Para a comparação dos resultados da análise perceptivo-auditiva antes e após fonoterapia, consideraram-se os resultados dos quatro avaliadores mais concordantes (89,3% a 71%) e aplicou-se o teste paramétrico T pareado. Adotou-se o nível de confiança de 95%.

O poder estatístico (*power*) da análise foi calculado por meio do *software G*Power* (versão 3.1.9.4), considerando o tamanho amostral obtido (30 participantes), o delineamento do estudo com medidas repetidas (pré e pós-intervenção), nível de significância de 5% ($\alpha = 0,05$) e o tamanho de efeito observado.

RESULTADOS

Inicialmente, o grupo recrutado foi composto por 40 participantes. No entanto, 3 (7,5%) possuíam quadro de alteração estrutural mínima, 2 com cisto e 1 com sulco; 1 (2,7%) descontinuou o tratamento por motivo de acidente ortopédico e, por fim, 6 (16,2%) abandonaram sem justificativa o estudo antes do término, sendo, portanto, excluídas da pesquisa (Figura 1).

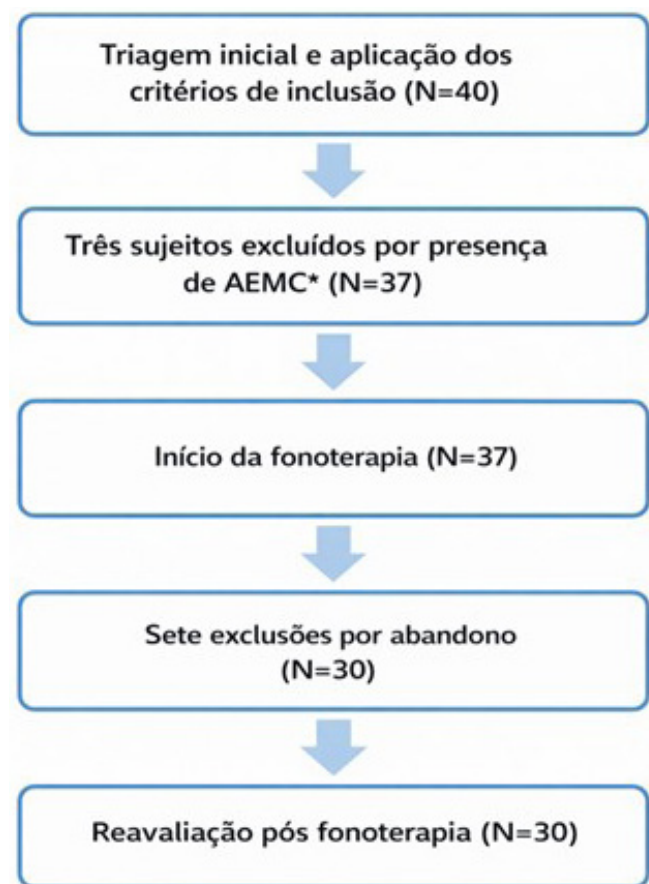


Figura 1. Fluxograma das inclusões e perdas amostrais
Legenda: *AEMC = alteração estrutural mínima de cobertura

Uma amostra de 30 participantes concluiu todas as etapas. O poder estatístico (*power*) calculado indicou valores de 99% para o CPP, 86% para o CPPS e 99% para o parâmetro G da avaliação perceptivo-auditiva, o que demonstra que o estudo teve um tamanho amostral adequado para detectar efeitos significativos dentro do delineamento proposto, para todas as variáveis analisadas, uma vez que todos os valores foram superiores a 80%⁽²⁴⁾.

O grupo foi constituído por cantoras populares, das quais 18 (60,0%) eram amadoras. Dentre estas, 4 (22,2%) trabalhavam em profissões que exigem o uso da voz falada, 2 eram atrizes e 2 eram professoras; As outras 12 (40,0%) eram cantoras profissionais e, portanto, conforme autorrelato, remuneradas para tal atuação. A média de idade encontrada foi de 29 anos (desvio padrão = 7,53), com faixa etária entre 19 e 54 anos.

Na avaliação otorrinolaringológica, por meio da videolaringoscopia de alta velocidade, 15 (50%) participantes apresentaram fenda glótica triangular médio posterior; 8 (27%) participantes apresentaram ausência de alteração laringea, 6 (20%) apresentaram fenda dupla e 1 (3%) participante apresentou fenda fusiforme anterior. Todas apresentavam quadro de disfonia comportamental, conforme avaliação fonoaudiológica e otorrinolaringológica.

Os resultados pré e pós-fonoterapia das medidas de CPP e CPPS demonstraram que houve aumento significativo nos valores das medidas cepstrais após o tratamento fonoterápico (Tabelas 1 e 2).

Os resultados da análise perceptivo-auditiva da qualidade vocal pré e pós-intervenção fonoaudiológica demonstraram melhora significativa da qualidade vocal na comparação entre os dois momentos (Tabela 3).

DISCUSSÃO

A terapia fonoaudiológica com o PIRV, associada à aplicação da TENS, promoveu melhora na qualidade vocal de cantoras populares com queixa vocal, evidenciada pelo aumento dos valores das medidas cepstrais (CPP e CPPS) e pela redução do grau geral de desvio vocal (G) na avaliação perceptivo-auditiva.

A literatura⁽⁷⁾ retrata que a adesão ao tratamento fonoaudiológico da voz é um elemento essencial para o sucesso da reabilitação vocal. No entanto, nota-se que a baixa adesão afeta 50% dos pacientes, especialmente quando se trata de tratamentos

Tabela 1. Comparação da medida *Cepstral Peak Prominence* da vogal [a] sustentada entre os momentos pré e pós-fonoterapia com o Programa Integral de Reabilitação Vocal associado à aplicação de estimulação elétrica nervosa transcutânea

Medida		Mínimo	Máximo	Média	DP	valor de p	Poder
CPP (dB)	Pré	18,07	30,94	24,51	2,81		
CPP (dB)	Pós	22,41	28,73	26,27	1,73	0,011	0,99

Teste-T pareado; negrito = significância estatística

Legenda: CPP = *Cepstral Peak Prominence*; DP = desvio padrão; Poder = poder de teste ($\geq 80\%$); dB = decibel

Tabela 2. Comparação da medida *Cepstral Peak Prominence-Smoothed* da vogal [a] sustentada entre os momentos pré e pós-fonoterapia com o Programa Integral de Reabilitação Vocal associado à aplicação de estimulação elétrica nervosa transcutânea

Medida		Mínimo	Máximo	Média	DP	valor de p	Poder
CPPS (dB)	Pré	11,78	20,65	15,27	2,22	0,006	0,86
CPPS (dB)	Pós	13,62	18,59	16,53	1,41		

Teste-T pareado; negrito = significância estatística

Legenda: CPPS = *Cepstral Peak Prominence-Smoothed*; DP = desvio padrão; Poder = poder de teste ($\geq 80\%$); dB = decibel

Tabela 3. Comparação da análise perceptivo-auditiva nos momentos pré e pós fonoterapia

	N	Mínimo	Máximo	Média	DP	valor de p	Poder
Pré	30	11,00	57,00	32,62	13,10	<0,001	0,99
Pós	30	5,75	47,25	20,71	10,98		

Teste-T pareado; negrito = significância estatística

Legenda: N = número de participantes; DP = desvio padrão; Poder = poder de teste ($\geq 80\%$)

longos. Contudo, um estudo que objetivou analisar a adesão e a satisfação de professores municipais participantes do PIRV verificou que o número de sessões realizadas é o fator preditor mais forte para a conclusão da terapia de voz⁽⁷⁾.

Na presente pesquisa, das 37 participantes que iniciaram o tratamento fonoterápico, 6 (16,2%) abandonaram o tratamento e 1 teve uma intercorrência de saúde, ocasionando uma taxa de abandono de 18,9%. Tais resultados são inferiores aos encontrados na literatura e podem ser justificados pelo fato de o tratamento pelo PIRV definir o número de sessões⁽⁷⁾.

Os achados de revisões sistemáticas^(10,11) indicam que a aplicação da TENS em pacientes disfônicos apresenta efeitos positivos em aspectos vocais e musculoesqueléticos, com melhora significativa da qualidade vocal e redução de sintomas como dor, queimação, sensação de “bolo na garganta” e esforço para falar. Também foram observadas diminuições relevantes na dor muscular em regiões cervicais e laringeas, o que reforça o potencial da TENS como recurso auxiliar no tratamento da disфония. A combinação da TENS com a fonoterapia convencional mostrou-se superior à aplicação isolada, o que sugere benefícios terapêuticos adicionais^(10,11).

Entretanto, os estudos incluídos nessas revisões sistemáticas^(10,11) não contemplam populações específicas de cantores, nem apresentam resultados baseados em medidas cepstrais como CPP e CPPS. Essa lacuna evidencia a necessidade de investigações que explorem os efeitos da TENS em parâmetros acústicos cepstrais e em populações com alta demanda vocal, como as cantoras populares.

Pesquisas têm investigado as medidas cepstrais como preditoras da disфония, com comparação de grupos de indivíduos disfônicos e não disfônicos^(12,14). Estudos^(12,14,20), incluindo alguns realizados com crianças^(25,26), indicam que indivíduos sem disфония apresentam valores cepstrais significativamente mais altos em comparação aos disfônicos, sugerindo que essas medidas podem ser eficazes na distinção entre os dois grupos⁽²⁶⁾.

Diversos estudos^(12,20,22) têm demonstrado que as medidas cepstrais, especialmente como o CPP e o CPPS, apresentam elevada acurácia para distinguir vozes saudáveis de vozes disfônicas e para refletir o grau de desvio da qualidade vocal analisada de forma perceptivo-auditiva. Pesquisa⁽²²⁾ que comparou valores de CPP obtidos por diferentes *softwares*, como o *Analysis of Dysphonia in Speech and Voice (ADSV)* e o Praat, evidenciaram índices de acurácia entre 75% e 94,5%, além de fortes correlações entre os programas ($r > 0,85$). Os valores de CPP e CPPS mostraram-se significativamente menores em indivíduos com desvio vocal, variando conforme a intensidade e o tipo de desvio, e apresentaram correlação forte com o grau geral de disфония e com parâmetros perceptivo-auditivos de rugosidade e sopro^(12,20,22). Esses achados reforçam que as medidas cepstrais são indicadores objetivos e robustos da presença e do grau de desvio da qualidade vocal, podendo ser utilizadas com segurança como ferramenta complementar na avaliação vocal.

Até o momento, não foram observados estudos que buscassem analisar as medidas cepstrais pré e pós-fonoterapia com PIRV

associada a eletroterapia com TENS em cantoras populares com queixas vocais.

A terapia vocal com o PIRV combinado com a TENS resulta em um aumento nas medidas acústicas de CPP e CPPS em cantoras com queixa vocal, provavelmente pelo fato de proporcionar maior conforto laringeo e maior regularidade na vibração das pregas vocais⁽²⁷⁾. A aplicação da TENS, quando associada à fonoterapia com o PIRV, pode favorecer a função vocal ao reduzir a tensão da musculatura cervical, atuando de forma complementar aos ajustes funcionais e comportamentais promovidos pela fonoterapia. Essa interação configura um modelo multidimensional de tratamento, potencializando o desempenho vocal de forma mais eficiente^(10,11,27).

Resultados semelhantes nas medidas acústicas de CPP e CPPS foram encontrados em um estudo com 64 indivíduos, divididos por sexo e por presença de disфония⁽²⁸⁾. Após a nebulização, houve um aumento nas medidas CPP e CPPS em todos os grupos, com significância estatística apenas no grupo disfônico masculino⁽²⁸⁾. Os autores sugerem que esse aumento na estrutura harmônica pode estar associado à melhora da onda mucosa, devido à hidratação.

Uma pesquisa⁽²⁵⁾ envolvendo 80 crianças divididas entre grupo-controle (saudáveis) e grupo clínico (com disfunção velofaríngea) encontrou valores de CPPS significativamente mais baixos no grupo clínico antes da cirurgia de fenda palatina. Após a fonoterapia, houve um aumento significativo nas medidas cepstrais, com ausência de diferenças entre os grupos controle e clínico pós-tratamento⁽²⁵⁾.

Um estudo⁽²⁹⁾ avaliou o efeito da hidratação de superfície laríngea associada à técnica de vibração sonORIZADA de língua em cantores amadores, observando melhora nas medidas CPPS, ainda que sem diferenças estatísticas significativas.

Análises de medidas CPPS e perceptivo-auditivas em indivíduos tratados com radioterapia para câncer de laringe⁽³⁰⁾ mostraram que 52,6% dos pacientes submetidos à reabilitação vocal produziram valores de CPPS acima do limiar para voz normal 24 meses após o tratamento, sem diferenças significativas em relação ao grupo vocalmente saudável.

Embora os estudos citados^(25,27-30) apresentem diferenças metodológicas em relação à presente pesquisa, todos indicam que a fonoterapia promove melhorias nas medidas cepstrais de CPP e CPPS. Os achados deste estudo, que analisaram a combinação do PIRV com a TENS em cantoras populares, estão em consonância com essa tendência e evidenciaram aumento das medidas cepstrais após o tratamento. Esses resultados sugerem que os ganhos funcionais obtidos com a intervenção combinada do PIRV com a TENS se refletem no aumento da proeminência da estrutura harmônica, o que pode indicar maior regularidade vibratória das pregas vocais.

No que concerne à terapia vocal com o PIRV, estudo realizado em um ambulatório de voz de um hospital universitário⁽³¹⁾ analisou os efeitos do programa supracitado em professoras com disфония comportamental. Foram avaliados aspectos perceptivo-auditivos, acústicos, de autopercepção vocal e do

Índice de Desvantagem Vocal (IDV-10), além dos estágios motivacionais das participantes. Após a fonoterapia, 64,7% das professoras melhoraram a qualidade vocal e 82,4% relataram melhora, segundo autopercepção. A análise acústica indicou melhora em parâmetros como tempo máximo de fonação e *shimmer*. Os autores⁽⁵⁾ concluíram que o PIRV é eficaz para tratar disfonias comportamentais.

Um ensaio clínico randomizado⁽³²⁾, que comparou a eficácia do PIRV com os exercícios de função vocal (EFV) no tratamento da disfonia funcional, observou que ambos os programas foram eficazes na melhora da qualidade vocal, da autopercepção vocal e dos achados laringeos, avaliados por meio de protocolos padronizados e análises cegas. Embora os dois tratamentos tenham promovido benefícios significativos, o PIRV apresentou tamanhos de efeito mais elevados em todas as medidas avaliadas, em comparação aos EFV, que apresentaram valores inferiores. Esses achados indicam que, embora ambos os programas sejam eficazes, o PIRV exerce impacto clínico mais expressivo sobre a reabilitação vocal, reforçando seu potencial como abordagem abrangente e eficiente no manejo das disfonias funcionais⁽³²⁾.

Os resultados desta pesquisa indicaram que a terapia vocal com o PIRV associado à TENS promoveu melhoria significativa no grau geral da qualidade vocal, confirmada pelos achados da análise perceptivo-auditiva. Observou-se que o aumento das medidas cepstrais de CPP e CPPS refletiu maior regularidade nos movimentos das pregas vocais e maior eficiência fonatória, sugerindo que os ganhos funcionais obtidos com a intervenção combinada⁽²⁷⁾ se traduzem em maior estrutura harmônica do sinal acústico da voz, evidenciada pelo aumento das medidas cepstrais de CPP e CPPS. Dessa forma, a melhora acústica parece estar relacionada à redução do grau geral de desvio vocal (G) e que os efeitos do tratamento se manifestam tanto na percepção auditiva, quanto nos parâmetros cepstrais da voz, especificamente em cantoras populares com disfonia comportamental.

As medidas cepstrais parecem constituir um instrumento eficaz para avaliar a evolução da voz do paciente no processo terapêutico, complementar à avaliação perceptivo-auditiva e compondo um protocolo multidimensional.

Este estudo apresentou algumas limitações que devem ser consideradas na interpretação dos resultados. A amostra heterogênea, composta por cantoras populares amadoras e profissionais, pode ter influenciado os desfechos, uma vez que essas categorias apresentam diferentes demandas e níveis de exigência vocal. Além disso, o delineamento metodológico do tipo comparação intrassujeitos, sem a inclusão de um grupo-controle, restringiu a generalização dos achados, impedindo conclusões mais robustas sobre a eficácia isolada de cada componente da intervenção. Futuras pesquisas com amostras mais homogêneas e com grupos comparativos poderão contribuir para o fortalecimento das evidências sobre o uso combinado do PIRV e da TENS na reabilitação vocal de cantores.

Outra limitação deste estudo foi a utilização exclusiva da vogal [a] sustentada para a análise perceptivo-auditiva e para a extração das medidas cepstrais. Reconhece-se que essa tarefa não representa integralmente o uso vocal em situações comunicativas do cotidiano, como a fala encadeada. Assim, recomenda-se que estudos futuros incluam diferentes modalidades de emissão vocal, especialmente tarefas de fala encadeada, para ampliar a compreensão dos efeitos da intervenção combinada do PIRV com a eletroterapia sobre o desempenho vocal funcional.

Além disso, embora todas as participantes tenham seguido a mesma intervenção, não foi possível controlar fatores como

variabilidade no treino vocal, tempo de prática musical e uso vocal cotidiano durante o período de seis semanas, aspectos que podem ter influenciado os desfechos, de maneira semelhante ao que ocorre em tratamentos fonoterápicos clínicos.

CONCLUSÃO

A combinação do PIRV com a eletroterapia, por meio da aplicação da TENS, esteve associada à melhora da qualidade vocal de cantoras populares com queixas vocais, evidenciada pela redução do grau geral de desvio vocal na avaliação perceptivo-auditiva e pelo aumento dos valores das medidas cepstrais CPP e CPPS extraídas da vogal [a] sustentada após o tratamento fonoaudiológico.

Esses resultados indicam que a intervenção combinada pode ser utilizada clinicamente em cantoras, contribuindo para a reabilitação de disfonias comportamentais.

REFERÊNCIAS

1. Andrade SR, da Fontoura DR, Cielo CA. Inter-relações entre fonoaudiologia e canto. *Rev Música Hódie*. 2007;7(1):83-98. <https://doi.org/10.5216/mh.v7i1.1758>.
2. Przysiezny PE, Przysiezny LTS. Work-related voice disorder. *Braz J Otorhinolaryngol*. 2015;81(2):202-11. <https://doi.org/10.1016/j.bjorl.2014.03.003>. PMID:25458260.
3. Pestana PM, Vaz-Freitas S, Manso MC. Prevalence of voice disorders in singers: systematic review and meta-analysis. *J Voice*. 2017;31(6):722-7. <https://doi.org/10.1016/j.jvoice.2017.02.010>. PMID:28342677.
4. Adessa M, Stadelman-Cohen T, Zipse L, Guarino AJ, Heaton JT. Factors affecting voice therapy completion in singers. *J Voice*. 2018;32(5):564-71. <https://doi.org/10.1016/j.jvoice.2017.06.021>. PMID:28797530.
5. Behlau M, Pontes P, Vieira VP, Yamasaki R, Madazio G. Presentation of the Comprehensive Vocal Rehabilitation Program for the treatment of behavioral dysphonia. *CoDAS*. 2013;25(5):492-6. <https://doi.org/10.1590/S2317-17822013000500015>. PMID:24408556.
6. Almeida ANS, Cunha DA, Duarte BF, Guimarães BT, Lucena JA, Pernambuco LA, et al. Effect of vocal therapy associated with TENS in women with behavioral dysphonia. *J Voice*. 2022;36(4):585.e27-37. <https://doi.org/10.1016/j.jvoice.2020.07.035>. PMID:32863100.
7. Souza BO, Tonon IG, Souza EVS, Nogueira BFM, Silva SP, Ribeiro K, et al. Adesão e satisfação de professores participantes do Programa Integral de Reabilitação Vocal. *Distúrb Comun*. 2017;29(2):284-91. <https://doi.org/10.23925/2176-2724.2017v29i2p284-291>.
8. Behlau M, Almeida AA, Amorim G, Balata P, Bastos S, Cassol M, et al. Reduzindo o gap entre a ciência e a clínica: lições da academia e da prática profissional – parte B. *CoDAS*. 2022;34(5):e20212021241. <https://doi.org/10.1590/2317-1782/20212021241pt>. PMID:36000681.
9. Santos JKO, Gama ACC, Silvério KCA, Oliveira NFC. Uso da eletroestimulação na clínica fonoaudiológica: revisão integrativa da literatura. *Rev CEFAC*. 2015;17(5):1620-32. <https://doi.org/10.1590/1982-0216201517518114>.
10. Stangherlin DA, Lemos IO, Bello JZ, Cassol MC. Transcutaneous electrical nerve stimulation in dysphonic patients: a systematic review. *J Voice*. 2021;35(6):876-85. <https://doi.org/10.1016/j.jvoice.2020.03.003>. PMID:32273210.

11. Plotas P, Papadopoulos A, Tsiamakaki E, Apostolou MD, Chaniotaki MA, Ganiatsou E, et al. Effects of transcutaneous electrical nervous stimulation (TENS) on dysphonic patients: a systematic review study. *Medicina (Kaunas)*. 2023;59(10):1737. <https://doi.org/10.3390/medicina59101737>. PMID:37893455.
12. Lopes LW, Sousa ESS, Silva ACF, Silva IM, Paiva MAA, Vieira VJD, et al. Medidas cepstrais na avaliação da intensidade do desvio vocal. *CoDAS*. 2019;31(4):e20180175. <https://doi.org/10.1590/2317-1782/20182018175>. PMID:31433040.
13. Paz KES, Paiva MAA, Lima DO, Ribeiro VV, Moraes RM, Lopes LW. Treinamento para análise perceptivo-auditiva da voz: revisão de escopo. *Audiol Commun Res*. 2023;28(9):e2768. <https://doi.org/10.1590/2317-6431-2022-2768en>.
14. Esen Aydinli F, Ozcebe E, Incebay O. Effects of vocal intensity and fundamental frequency on Cepstral Peak Prominence in patients with voice disorders and vocally healthy controls. *J Voice*. 2021;35(3):411-7. <https://doi.org/10.1016/j.jvoice.2019.11.015>. PMID:31859213.
15. Prakup B. Acoustic measures of the voices of older singers and nonsingers. *J Voice*. 2012;26(3):341-50. <https://doi.org/10.1016/j.jvoice.2011.05.007>. PMID:21889299.
16. Lopes LW, Silva IM, Sousa ESS, Silva ACF, Paiva MAA, Diniz EGR, et al. Classificação espectrográfica do sinal vocal: relação com o diagnóstico laringeo e a análise perceptivo-auditiva. *Audiol Commun Res*. 2020;25:e2194. <https://doi.org/10.1590/2317-6431-2019-2194>.
17. Patel RR, Awan SN, Barkmeier-Kraemer J, Courey M, Deliyski D, Eadie T, et al. Recommended protocols for instrumental assessment of voice: American Speech-Language-Hearing Association Expert Panel to Develop a Protocol for Instrumental Assessment of Vocal Function. *Am J Speech Lang Pathol*. 2018;27(3):887-905. https://doi.org/10.1044/2018_AJSLP-17-0009. PMID:29955816.
18. Diniz ML, Penido FA, Gama ACC. Cepstral measurements: a comparison of results between singing and non-singing individuals. *J Voice*. 2021;21(2):197.e1. <https://doi.org/10.1016/j.jvoice.2021.06.010>. PMID:34281752.
19. Awan SN, Giovenco A, Owens J. Effects of vocal intensity and vowel type on cepstral analysis of voice. *J Voice*. 2012;26(5):670-0. <https://doi.org/10.1016/j.jvoice.2011.12.001>. PMID:22480754.
20. Murton O, Hillman R, Mehta D. Cepstral peak prominence values for clinical voice evaluation. *Am J Speech Lang Pathol*. 2020;29(3):1596-607. https://doi.org/10.1044/2020_AJSLP-20-00001. PMID:32658592.
21. Phadke KV, Laukkanen AM, Ilomäki I, Kankare E, Geneid A, Svec JG. Cepstral and perceptual investigations in female teachers with functionally healthy voice. *J Voice*. 2020;34(3):485.e33-43. <https://doi.org/10.1016/j.jvoice.2018.09.010>. PMID:30342798.
22. Sauder C, Bretl M, Eadie T. Predicting voice disorder status from smoothed measures of Cepstral Peak Prominence using Praat and ADSV. *J Voice*. 2017;31(5):557-66. <https://doi.org/10.1016/j.jvoice.2017.01.006>. PMID:28169094.
23. De Bodt MS, Wuyts FL, Van de Heyning PH, Croux C. Test-retest study of the GRBAS scale: influence of experience and professional background on perceptual rating of voice quality. *J Voice*. 1997;11(1):74-80. [https://doi.org/10.1016/S0892-1997\(97\)80026-4](https://doi.org/10.1016/S0892-1997(97)80026-4). PMID:9075179.
24. Landis JR, Koch GG. The measurement of observer agreement for categorical data. *Biometrics*. 1977;33(1):159-74. <https://doi.org/10.2307/2529310>. PMID:843571.
25. Yang Z, Fan J, Tian J, Liu L, Gan C, Chen W, et al. Cepstral analysis of voice in children with velopharyngeal insufficiency after cleft palate surgery. *J Voice*. 2014;28(6):789-92. <https://doi.org/10.1016/j.jvoice.2014.03.015>. PMID:24954038.
26. Spazzapan EA, Marino VCC, Fabbion EMG. Smoothed Cepstral Peak Analysis of Brazilian children and adolescents speakers. *J Voice*. 2022;22(2):30-3. <https://doi.org/10.1016/j.jvoice.2022.02.002>. PMID:35260286.
27. Nascimento UN, Santos MAR, Gama ACC. Reabilitação vocal em cantoras com queixa vocal: análise da videoquimografia digital. *Rev CEFAC*. 2023;25(4):e6623. <https://doi.org/10.1590/1982-0216/20232546623s>.
28. Souza BO, Santos MA, Plec EM, Diniz ML, Gama AC. Nebulized saline solution: a multidimensional voice analysis. *J Voice*. 2023;37(4):634.e1-18. <https://doi.org/10.1016/j.jvoice.2021.02.024>. PMID:33849762.
29. Pereira MCB, Onofri SMM, Spazzapan EA, Carrer JS, Silva LA, Fabron EMG. Efeito imediato da hidratação laringea de superfície associada à técnica de vibração sonorizada de língua em cantores amadores. *CoDAS*. 2021;33(3):e20200009. <https://doi.org/10.1590/2317-1782/20202020009>. PMID:34037159.
30. Millgård M, Tuomi L. Voice quality in laryngeal cancer patients: a randomized controlled study of the effect of voice rehabilitation. *J Voice*. 2020;34(3):486.e13-22. <https://doi.org/10.1016/j.jvoice.2018.09.011>. PMID:32389236.
31. Cavalcanti NR, Souza BO, Gama ACC, Medeiros AM. Effect of the comprehensive voice rehabilitation program in teachers with behavioral dysphonia. *CoDAS*. 2018;30(4):e20170182. <https://doi.org/10.1590/2317-1782/20182017182>. PMID:30088521.
32. Pedrosa V, Pontes A, Pontes P, Behlau M, Peccin SM. The effectiveness of the comprehensive voice rehabilitation program compared with the vocal function exercises method in behavioral dysphonia: a randomized clinical trial. *J Voice*. 2016;30(3):377.e11-9. <https://doi.org/10.1016/j.jvoice.2015.03.013>. PMID:25959424.