

Classificação espectrográfica do sinal vocal: relação com o diagnóstico laríngeo e a análise perceptivo-auditiva

Spectrographic classification of the vocal signal: relation with laryngeal diagnosis and auditory-perceptual analysis

Leonardo Wanderley Lopes^{1,2} , Itacely Marinho da Silva¹ , Estevão Silvestre da Silva Sousa¹ , Allan Carlos França da Silva¹ , Maxsuel Avelino Alves de Paiva¹ , Emanuel Gustavo Rodrigues Diniz¹ , Priscila Oliveira Costa Silva¹ 

RESUMO

Objetivo: Verificar se existe associação entre a presença de alteração laríngea, a análise perceptivo-auditiva da qualidade vocal e a classificação espectrográfica do sinal vocal em indivíduos com distúrbio de voz. **Métodos:** Participaram 478 pacientes com distúrbios de voz. Foi realizada gravação da vogal /É/ sustentada e o exame médico para estabelecimento de diagnóstico laríngeo. Os espectrogramas da vogal foram utilizados para classificação dos sinais em Tipo I, II, III e IV. **Resultados:** Vozes de indivíduos sem alteração laríngea foram classificadas, predominantemente, como Tipo I e Tipo II, enquanto sinais de indivíduos com alteração laríngea foram classificados nos Tipos III e IV. Vozes desviadas foram classificadas, predominantemente, como Tipo II, enquanto os sinais de pacientes com desvio vocal foram categorizados, predominantemente, como Tipos II e III. Apenas os sinais de indivíduos com desvio vocal foram classificados como Tipo IV. Sinais Tipo III e IV apresentaram valores mais elevados no grau geral do desvio e nos graus de rugosidade e sopro, em relação aos sinais Tipo I e Tipo II. Os sinais Tipo IV apresentaram maior grau geral e graus de rugosidade e sopro, em comparação aos sinais Tipo III. Apenas os sinais Tipo IV apresentaram valores mais elevados no grau de tensão, em relação aos sinais Tipo I, II e III. **Conclusão:** Há associação entre a presença de alteração laríngea, a análise perceptivo-auditiva e a classificação espectrográfica do sinal vocal em indivíduos com distúrbio de voz.

Palavras-chave: Acústica; Voz; Distúrbios da voz; Espectrografia do som; Fonoaudiologia

ABSTRACT

Purpose: To verify whether there is an association between the presence of laryngeal alteration, auditory-perceptual analysis of vocal quality, and the spectrographic classification of the vocal signal in individuals with voice disorders. **Methods:** 478 patients with voice disorders participated in the study. A recording of the sustained vowel /É/ and a medical examination were performed to establish a laryngeal diagnosis. The vowel spectrograms were used to classify the signals into type I, II, III and IV. **Results:** Voices of individuals without laryngeal disorders were predominantly classified as type I and type II, while signals of individuals with laryngeal disorders were classified as types III and IV. Deviated voices were predominantly classified as type II, while the signals of patients with vocal deviation were predominantly categorized as types II and III. Only the signals of individuals with vocal deviation were classified as type IV. Type III and IV signals showed higher values for the general degree of deviation and for degrees of roughness and breathiness in relation to type I and type II signals. Type IV signals showed a higher general degree and degrees of roughness and breathiness compared to type III signals. Only type IV signals showed higher values in the degree of tension compared to types I, II and III signals. **Conclusion:** There is an association between the presence of laryngeal alteration, auditory-perceptual analysis, and the spectrographic classification of the vocal signal in individuals with voice disorders.

Keywords: Acoustics; Voice; Voice disorders; Sound spectrography; Speech therapy

Trabalho realizado no Departamento de Fonoaudiologia, Universidade Federal da Paraíba – UFPB – João Pessoa (PB), Brasil.

¹Departamento de Fonoaudiologia, Universidade Federal da Paraíba – UFPB – João Pessoa (PB), Brasil.

²Programa Associado de Pós-graduação em Fonoaudiologia – PPGFON/UFPB/UFRN, Universidade Federal da Paraíba – UFPB, Universidade Federal do Rio Grande do Norte – UFRN – João Pessoa (PB), Brasil.

Conflito de interesses: Não.

Contribuição dos autores: Todos os autores foram responsáveis pela elaboração do manuscrito. LWL foi responsável pela orientação da pesquisa; IMS, ESSS, ACFS, MAAP e EGRD foram responsáveis pela coleta e análise dos dados e redação do manuscrito; POCS foi responsável pela revisão do manuscrito.

Financiamento: Nada a declarar.

Autor correspondente: Leonardo Wanderley Lopes. E-mail: lwlopes@hotmail.com

Recebido: Maio 22, 2019; **Aceito:** Janeiro 31, 2020

INTRODUÇÃO

A produção da voz é multidimensional e envolve a compreensão de aspectos fisiológicos e biomecânicos desde a produção vocal até o impacto ocasionado pela voz no interlocutor. Assim, recomenda-se que a avaliação seja capaz de mapear as diferentes dimensões da produção vocal, incluindo dados perceptivo-auditivos, laríngeos, aerodinâmicos, acústicos e de autoavaliação⁽¹⁾. Nesse contexto, a análise perceptivo-auditiva e a avaliação acústica são os principais métodos para caracterizar a qualidade vocal e monitorá-la ao longo do tratamento oferecido.

A avaliação acústica pode envolver a análise descritiva de padrões visuais, como o espectrograma de faixa larga e faixa estreita, o diagrama de desvio fonatório e o espectro de longo termo e/ou a extração de medidas de energia, de perturbação e do ruído presente no sinal vocal⁽¹⁾. A inspeção visual do traçado espectrográfico de banda estreita é um dos procedimentos mais utilizados, clinicamente, visto que possibilita a avaliação qualitativa do sinal, independente do grau de aperiodicidade e ruído presente na emissão⁽²⁾.

O espectrograma é um gráfico tridimensional, com o domínio das frequências no eixo vertical, o domínio do tempo no plano horizontal e a amplitude dos componentes da onda sonora representada pelo contraste de cores no traçado⁽²⁾. De maneira geral, a interpretação do traçado espectrográfico depende da descrição visual das características observadas e da associação destas características com a análise perceptivo-auditiva da qualidade vocal e com os dados do exame laríngeo⁽³⁾.

Há duas descrições disponíveis na literatura para classificação do sinal vocal, baseadas no traçado espectrográfico de faixa estreita: a de Yanagihara⁽⁴⁾ e a de Titze⁽⁵⁾. Yanagihara⁽⁴⁾ classifica os sinais em Tipo I, II, III e IV, utilizando, como critérios, a regularidade dos harmônicos, a presença de ruído em diferentes faixas de frequência e a relação entre a estrutura harmônica e o ruído presente no traçado. A classificação proposta por Titze⁽⁵⁾ baseia-se no modelo de dinâmica não linear da produção vocal e categoriza os sinais em Tipo I, II e III, considerando, como principal critério, a presença de bifurcação (sub-harmônicos), no domínio do tempo, e de ruído no domínio das frequências, ambos advindos da mudança no padrão vibratório das pregas vocais. Posteriormente, Sprecher et al.⁽⁶⁾ propuseram a adição do sinal Tipo IV à classificação original feita por Titze. O sinal Tipo IV corresponderia à ausência de estrutura periódica no traçado, cuja fonte de produção é o próprio ruído turbulento transglótico dissipado no trato vocal e não o movimento vibratório das pregas vocais⁽⁶⁾.

Deve-se destacar que a classificação de Titze⁽⁵⁾ tem por base os padrões vibratórios das pregas vocais e que não há correspondência entre a tipologia do sinal no traçado espectrográfico e o desvio da qualidade vocal percebido auditivamente, assim como entre o tipo de sinal e a presença de alteração estrutural ou funcional na laringe. Obviamente, o objetivo do autor não era desenvolver um roteiro para avaliação vocal, mas estabelecer critérios para a escolha do método de análise acústica mais confiável para investigação de cada tipo de sinal.

Desse modo, considerando-se que o tipo de sinal pode ser um critério importante para direcionar o tipo de análise acústica a ser realizada e que, além disso, há possibilidade de utilização da classificação de Titze⁽⁵⁾ e Sprecher et al.⁽⁶⁾ para categorização dos sinais de pacientes avaliados clinicamente, o presente estudo teve por objetivo verificar se existe associação entre a

presença de alteração laríngea, a análise perceptivo-auditiva da qualidade vocal e a classificação espectrográfica do sinal vocal em indivíduos com distúrbio de voz.

Para tanto, duas hipóteses fundamentaram este estudo: 1) Pacientes com queixa vocal e alteração laríngea são proporcionalmente, mais classificados como Tipo III e IV, enquanto os sinais de indivíduos com queixa vocal e sem alteração laríngea recebem classificação Tipo I e II, proporcionalmente; 2) Há associação entre a análise perceptivo-auditiva da qualidade vocal (grau geral e graus de rugosidade, sopro e tensão) e o tipo de sinal vocal.

Os achados da presente pesquisa podem elucidar questões importantes entre o *input* e o *output* vocal, verificando-se se o tipo de traçado espectrográfico está associado à presença de alteração laríngea e desvio da qualidade vocal, bem como se há associação entre a tipologia do sinal e o grau do desvio vocal. Além disso, será possível compreender se a tipologia proposta por Titze⁽⁵⁾ e Sprecher et al.⁽⁶⁾ poderia ser indicada para monitoramento de indivíduos com distúrbio de voz ao longo da terapia vocal ou pré e pós-intervenção cirúrgica na laringe. A possibilidade de utilização de uma tipologia padronizada pode facilitar a comunicação entre clínicos no processo de avaliação e monitoramento vocal.

MÉTODOS

Desenho do estudo

Trata-se de um estudo transversal, descritivo e observacional, apreciado e aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa do Centro de Ciências da Saúde da Universidade Federal da Paraíba (UFPB), com o parecer de nº 508200/13. Todos os participantes responderam e assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), autorizando sua participação na pesquisa.

Amostra

As amostras utilizadas foram de pacientes atendidos no Laboratório de Voz do Departamento de Fonoaudiologia da UFPB, no período compreendido entre abril de 2012 e abril de 2017. Os indivíduos foram selecionados conforme os seguintes critérios de elegibilidade: idade superior a 18 anos; presença de queixa vocal, respondendo positivamente à pergunta “você considera que tem algum problema de voz no momento atual?”; ter realizado gravação da vogal /ε/ sustentada com duração mínima de três segundos e apresentar laudo otorrinolaringológico referente ao exame visual laríngeo. Foram excluídos da pesquisa indivíduos com uso profissional da voz, fosse cantada ou falada, uma vez que o treinamento vocal pode criar ajustes glóticos e supraglóticos que modificam o sinal acústico, mesmo na presença de lesão laríngea ou desvio da qualidade vocal⁽⁷⁾. Portanto, participaram 478 indivíduos, sendo 357 mulheres e 121 homens, com média de idade de 41,07±13,73.

Todas as amostras selecionadas correspondiam à gravação no momento inicial da avaliação vocal, antes da realização de terapia fonoaudiológica.

Procedimentos de coleta de dados

As amostras vocais utilizadas nesta pesquisa foram coletadas utilizando-se o *software* Fonoview, versão 4.5, da CTS Informática, *desktop* Dell *all-in-one*, microfone cardioide unidirecional, da marca Senheiser, modelo E-835, localizado em um pedestal e acoplado a um pré-amplificador Behringer, modelo U-Phoria UMC 204. Os pacientes emitiram a vogal /e/ sustentada em frequência e intensidade autorreferida como habitual. A coleta de voz ocorreu em uma cabine de gravação com tratamento acústico e ruído inferior a 50 dB NPS. Utilizou-se taxa de amostragem de 44000 Hz, com 16 bits por amostra.

Inicialmente, todas as amostras selecionadas foram acessadas no *software* Fonoview, gerando-se espectrograma de banda estreita, com janelamento de 40 ms, tempo de atualização de 2,5 ms, intervalo dinâmico de 60 dB e limite de frequência de 7500 Hz. Neste momento, realizou-se inspeção visual do traçado, para verificar se a duração da vogal produzida correspondia ao tempo mínimo de três segundos, estabelecido nesta pesquisa. Deste modo, os sinais cuja duração era igual ou superior a três segundos foram selecionados e editados, recortando-se, manualmente, os segundos iniciais e finais, mantendo-se apenas os três segundos centrais da emissão. Na sequência, o traçado espectrográfico referente ao sinal editado foi salvo em formato .jpeg, para posterior análise. Todo o procedimento de edição foi realizado no próprio *software* Fonoview.

Cinco juízes, acadêmicos do curso de Fonoaudiologia, foram treinados a realizar inspeção visual do traçado espectrográfico e classificá-lo em Tipo I, II, III ou IV, conforme as recomendações de Titze⁽⁵⁾ e Sprecher et al.⁽⁶⁾. O treinamento foi realizado por um fonoaudiólogo especialista em voz, com mais de 15 anos

de experiência em avaliação vocal e inspeção visual de traçado espectrográfico de banda estreita. Para o treinamento, foram utilizados como estímulos-âncora quatro espectrogramas, correspondendo aos tipos de sinais estudados⁽⁶⁾ (Figura 1). Na sequência, os acadêmicos foram treinados a reconhecer a tipologia dos sinais em 120 espectrogramas, correspondentes a sinais vocais de pacientes com diferentes distúrbios de voz e indivíduos vocalmente saudáveis, previamente selecionados no banco de dados e utilizados em estudo anterior⁽²⁾.

Após o treino, os cinco acadêmicos receberam os 478 arquivos dos espectrogramas de faixa estreita em formato .jpeg, juntamente com os quatro estímulos-âncora de cada sinal, citados anteriormente. Eles foram orientados a fazer a inspeção visual do traçado e classificar o sinal de acordo com a tipologia e os critérios propostos por Titze⁽⁵⁾ e Sprecher et al.⁽⁶⁾. Assim, os sinais deveriam ser classificados como:

- **Sinal Tipo I:** quase periódico, sem modulações ou sub-harmônicos, série rica de harmônicos definidos até 4 KHz, regularidade no traçado, ausência ou presença de ruído de baixa amplitude, em relação à estrutura harmônica;
- **Sinal Tipo II:** oscilam entre quase periódicos e aperiódicos, com presença de modulações e bifurcações, presença de sub-harmônicos claramente definidos, intermitentes (com duração ≤ 1 s) e com intensidade próxima à intensidade de f0;
- **Sinal Tipo III:** aperiódicos, caóticos e com dimensão finita, presença de energia de ruído entre os harmônicos em baixas frequências, maior definição nos primeiros harmônicos de baixa frequência, em detrimento da substituição dos harmônicos de alta frequência por ruído difuso, concentração de energia abaixo de 1,5 KHz;

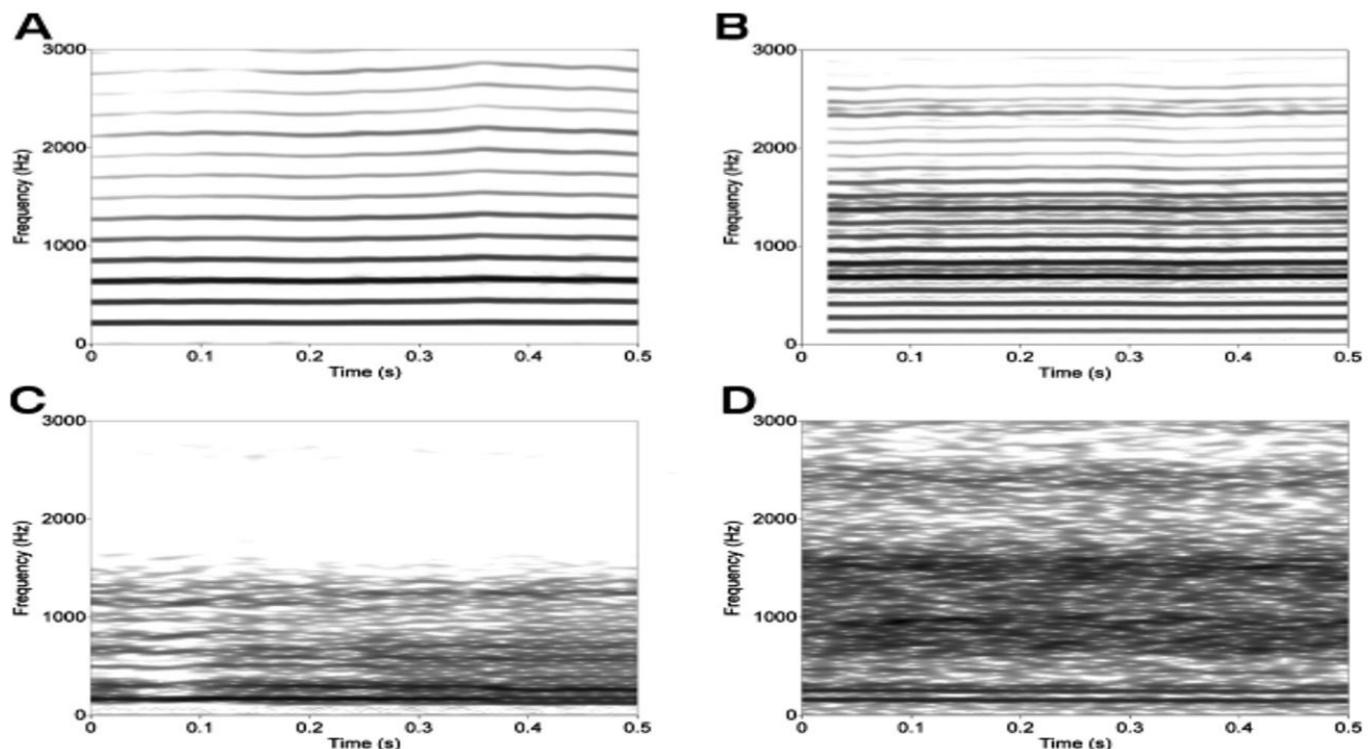


Figura 1. Espectrogramas extraídos com base em amostras de voz. Figuras (A), (B), (C) e (D) classificadas, respectivamente, como sinais do 1, 2, 3 e 4. Espectrogramas (A) e (D) são de vozes femininas, enquanto os (B) e (C) de vozes masculinas⁽⁶⁾

- **Sinal Tipo IV:** aperiódicos e caóticos, com dimensão infinita e predomínio de ruído em relação à estrutura harmônica, em toda a faixa de frequência.

As análises foram realizadas de modo independente pelos acadêmicos e as respostas digitadas diretamente em uma planilha do Microsoft Excel. Para a classificação final dos sinais, foi considerado o resultado do julgamento dos acadêmicos. Adotou-se, como critério de classificação dos sinais, a tipologia indicada por, no mínimo, quatro dos cinco avaliadores. Nos casos em que houve maior discordância entre os avaliadores, eles foram convocados a avaliar conjuntamente tais sinais, incluindo a discussão dos critérios de classificação, a inspeção visual, comparação com os estímulos-âncora e, por fim, a classificação do sinal.

Na sequência, foi realizada uma classificação confirmatória da tipologia dos sinais. Para tanto, recrutou-se o mesmo fonoaudiólogo que havia realizado o treinamento com os acadêmicos. Ele reanalisou todos os traçados espectrográficos e, posteriormente, comparou a sua classificação com os resultados obtidos pelos acadêmicos. Nos casos em que houve divergência de classificação, os acadêmicos e o fonoaudiólogo foram convidados a discutir a classificação e estabelecer uma nova, por consenso. Sendo assim, 19 sinais foram classificados como Tipo I, 314 sinais como Tipo II, 123 sinais como Tipo III e 22 sinais como Tipo IV.

Para a análise perceptivo-auditiva, foi utilizada a Escala Analógica Visual (EAV) de 0 a 100 mm, para a avaliação do grau geral do desvio vocal (GG) e dos graus de rugosidade (GR), de sopro (GS) e de tensão (GT) na emissão da vogal sustentada. A análise foi realizada por três fonoaudiólogos especialistas em voz, orientados no sentido de que a marcação mais próxima de 0 mm representaria vozes mais socialmente aceitáveis, produzidas de forma mais natural, com menor esforço, ruído ou condição instável. Ao contrário, marcações mais próximas de 100 mm representariam vozes menos aceitas socialmente e com maior percepção de esforço, ruído ou instabilidade. Os fonoaudiólogos também foram instruídos com relação à rugosidade, que corresponderia à presença de irregularidade vibratória, à sopro, que estaria relacionada ao escape de ar audível na emissão e à tensão, que corresponderia à percepção de esforço vocal ao longo da emissão. Neste estudo, os parâmetros perceptivo-auditivos de rugosidade, sopro e tensão foram escolhidos para caracterização dos sinais por serem utilizados universalmente para caracterizar o desvio de qualidade vocal⁽⁸⁾ e por possuírem correlatos conhecidos no plano fisiológico e acústico.

Para avaliação, cada emissão da vogal sustentada foi apresentada por três vezes, através de caixa de som, em intensidade confortável, autorreferida pelo avaliador. Após cada apresentação, os juízes fizeram a avaliação do GG e do GR, GS e GT, seguida pela identificação da qualidade vocal (tipo de desvio) predominante nas vozes desviadas (rugosa, sopro ou tensa).

No final da sessão de avaliação perceptiva, 20% (96 sinais) das amostras foram repetidas aleatoriamente, para a análise da confiabilidade da avaliação do juiz, por meio do coeficiente Kappa, de Cohen. Foi selecionado o juiz com maior coeficiente (0,80), indicando boa confiabilidade do avaliador.

Os valores do ponto de corte da EAV⁽⁹⁾ foram utilizados para classificar as vozes quanto à presença de desvio vocal e GG. Desta forma, 97 vozes foram classificadas com variabilidade normal da qualidade vocal - VNQV ($GG \leq 35,5$ mm) e 381 vozes

foram categorizadas como desviadas ($GG > 35,5$ mm). Todos os indivíduos com VNQV apresentaram ausência de alteração estrutural ou funcional da laringe. Dos pacientes com vozes desviadas, apenas 11 receberam laudo de ausência de alteração estrutural ou funcional na laringe, enquanto os 370 restantes apresentaram laudo de alteração estrutural ou funcional na laringe. Na sequência, os valores do GG na EAV foram utilizados para classificação dos sinais em quatro grupos, a partir dos valores de corte indicados na literatura⁽⁹⁾: 97 vozes com VNQV (0-35,5 mm); 209 vozes com grau 2 (35,6-50,5 mm), correspondendo ao desvio de leve a moderado; 145 vozes com grau 3 (50,6-90,5 mm), relacionado ao desvio moderado e 27 vozes com grau 4 (90,6-100 mm), relacionado ao desvio intenso.

Deve-se destacar que o estudo de referência⁽⁹⁾ utilizado na realidade brasileira para determinação dos valores de corte da EAV utilizou, como tarefa de fala, apenas a contagem de 1 a 10 (fala encadeada). Embora tal fato possa se constituir uma limitação do presente estudo, optou-se pela utilização dos valores de corte propostos por Yamasaki et al.⁽⁹⁾, ou seja, apenas os quatro graus de desvio considerados internacionalmente (saudável ou VNQV, leve a moderado, moderado e intenso) e por serem a principal referência brasileira para os valores de corte utilizados nessa classificação.

Por fim, os dados relativos ao resultado do exame visual laringeo do paciente foram consultados no prontuário do paciente (Quadro 1).

Deve-se destacar que, no presente estudo, todos os indivíduos apresentavam queixa vocal, independentemente da presença/ausência de alteração laríngea e/ou desvio da qualidade vocal. Além disso, os pacientes com distúrbio de voz secundário à doença neuromuscular também receberam confirmação diagnóstica pelo neurologista.

Análise dos dados

A análise estatística descritiva foi realizada para todas as variáveis estudadas. Utilizou-se o teste Qui-quadrado (χ^2) para comparar a análise dos tipos de sinais em função da presença de

Quadro 1. Descrição dos diagnósticos laríngeos dos pacientes incluídos no estudo

DIAGNÓSTICO LARÍNGEO	n (%)
Ausência de alteração estrutural ou funcional na laringe	108 (22,59%)
Nódulos vocais	101 (21,12%)
Laudo laringológico inconclusivo	61 (12,76%)
Distúrbio de voz secundário a refluxo laringofaríngeo	45 (9,41%)
Cisto vocal	41 (8,57%)
Fenda triangular medioposterior	36 (7,53%)
Distúrbio de voz secundário a doença neuromuscular	26 (5,43%)
Paralisia unilateral de prega vocal	21 (4,39%)
Pólipo de prega vocal	20 (4,18%)
Sulco vocal	8 (1,67%)
Edema de Reinke	5 (1,04%)
Vasculodisgenesia	3 (0,62%)
Granuloma no processo vocal	2 (0,05%)
Carcinoma <i>in situ</i> nas pregas vocais	1 (0,20%)

Legenda: n = número de sujeitos; % = percentual

alteração laríngea e presença de desvio vocal. O teste ANOVA foi utilizado para comparar as médias do grau do desvio vocal e dos graus de rugosidade, sopro e tensão entre os diferentes tipos de sinais vocais. Nos casos em que houve interação entre o tipo de sinal e as médias das medidas perceptivo-auditivas, foi realizado o teste de Scheffé, para comparação dois a dois dos tipos de sinais. Todas as análises foram realizadas no *Statistical Package for the Social Sciences (SPSS, versão 21.0)*, com adoção do nível de significância de 5%.

RESULTADOS

Inicialmente, foi comparada a distribuição de frequência das vozes de indivíduos com e sem alteração laríngea, em função dos diferentes tipos de sinais vocais. Houve diferença na proporção do tipo de sinal, em função da presença/ausência de alteração laríngea. Os sinais vocais de indivíduos sem alteração laríngea foram classificados, predominantemente, como Tipo I e Tipo II. Por sua vez, os sinais vocais de indivíduos com alteração laríngea foram classificados predominantemente nos Tipos III e IV (Tabela 1).

Na sequência, comparou-se a frequência de distribuição das vozes dos indivíduos com e sem desvio vocal, em função

da tipologia do sinal. Observou-se diferença na proporção do tipo de sinal, em função da presença/ausência de desvio vocal. Os sinais correspondentes aos indivíduos sem desvio vocal foram classificados, predominantemente, como Tipo II, enquanto os sinais de pacientes com desvio da qualidade vocal foram categorizados, predominantemente, como Tipo II e Tipo III. Deve-se destacar que apenas os sinais de indivíduos com desvio vocal foram classificados como Tipo IV (Tabela 2).

Em seguida, compararam-se as médias do grau do desvio vocal e dos graus de rugosidade, sopro e tensão entre os diferentes tipos de sinais. Houve diferença em todas as medidas perceptivo-auditivas analisadas (Tabela 3).

Considerando que houve interação entre as medidas perceptivo-auditivas e o tipo de sinal, procedeu-se com a análise *post hoc* para comparação dos grupos, dois a dois. Sinais Tipo III e IV apresentaram valores mais elevados do grau de desvio vocal e dos graus de rugosidade e sopro, em relação aos sinais Tipo I e Tipo II. Além disso, os sinais Tipo IV apresentaram maior grau de desvio vocal e dos graus de rugosidade e sopro, em comparação aos sinais Tipo III. Por sua vez, apenas os sinais Tipo IV apresentaram valores mais elevados no grau de tensão, em relação aos sinais Tipo I, II e III (Tabela 4).

Tabela 1. Proporção dos tipos de sinais vocais, em função da presença ou ausência de alteração laríngea

	SEM ALTERAÇÃO LARÍNGEA		COM ALTERAÇÃO LARÍNGEA		TOTAL	VALOR DE P
	n	%	n	%		
TIPO I	6	5,5	13	3,5	19	<0,001*
TIPO II	92	85,2	222	60,0	314	<0,001*
TIPO III	9	8,3	114	30,8	123	<0,001*
TIPO IV	1	0,93	21	5,6	22	<0,001*
TOTAL	108	100	370	100	478	

Teste Qui-quadrado; * Valores significativos ($p < 0,05$)

Legenda: n = número de sujeitos; % = percentual

Tabela 2. Proporção dos tipos de sinais vocais, em função da presença ou ausência de desvio da qualidade vocal

	SEM DESVIO VOCAL		COM DESVIO VOCAL		TOTAL	VALOR DE P
	n	%	n	%		
TIPO I	10	10,3	9	2,4	19	<0,001*
TIPO II	80	82,5	234	61,4	314	<0,001*
TIPO III	7	7,2	116	30,4	123	<0,001*
TIPO IV	0	0	22	5,8	22	<0,001*
TOTAL	97	100	381	100	478	

Teste Qui-quadrado; *Valores significativos ($p < 0,05$)

Legenda: n = número de sujeitos; % = percentual

Tabela 3. Comparação da média da intensidade do desvio vocal e dos graus de rugosidade, sopro e tensão entre os diferentes tipos de sinais vocais

VARIÁVEIS	CLASSIFICAÇÃO DOS ESPECTROGRAMAS								-VALOR DE P
	TIPO I		TIPO II		TIPO III		TIPO IV		
	Média	DP	Média	DP	Média	DP	Média	DP	
EAV-GG	41,42	10,33	44,77	9,83	56,28	15,04	81,41	14,28	<0,001*
EAV-GR	37,89	11,29	40,07	11,70	51,25	15,84	73,95	13,90	<0,001*
EAV-GS	26,95	20,08	27,99	19,61	42,61	20,83	65,14	20,97	<0,001*
EAV-GT	24,63	15,35	27,75	15,25	31,35	20,86	58,18	26,53	<0,001*

Teste ANOVA; *Valores significativos ($p < 0,05$)

Legenda: EAV = Escala analógico-visual; DP = Desvio padrão; GG = grau geral; GR = grau de rugosidade; GS = grau de sopro; GT = grau de tensão

Tabela 4. Análise *post hoc* dos diferentes tipos de sinais, em função da intensidade do desvio vocal e dos graus de rugosidade, sopro e tensão

VARIÁVEIS	CLASSIFICAÇÃO DO ESPECTROGRAMA	DIFERENÇA DE MÉDIA	VALOR DE P
EAV-GG	TIPO I X TIPO III	-14,864	<0,001*
	TIPO I X TIPO IV	-39,98	<0,001*
	TIPO II X TIPO III	-11,51	<0,001*
	TIPO II X TIPO IV	-36,63	<0,001*
	TIPO III X TIPO IV	-25,12	<0,001*
EAV-GR	TIPO I X TIPO III	-13,35	<0,001*
	TIPO I X TIPO IV	-36,06	<0,001*
	TIPO II X TIPO III	-11,18	<0,001*
	TIPO II X TIPO IV	-33,88	<0,001*
	TIPO III X TIPO IV	-22,70	<0,001*
EAV-GS	TIPO I X TIPO III	-39,06	<0,001*
	TIPO I X TIPO IV	-38,18	<0,001*
	TIPO II X TIPO III	-14,61	<0,001*
	TIPO II X TIPO IV	-37,14	<0,001*
	TIPO III X TIPO IV	-22,52	<0,001*
EAV-GT	TIPO I X TIPO IV	-19,56	<0,001*
	TIPO II X TIPO IV	-30,42	<0,001*
	TIPO III X TIPO IV	-26,83	<0,001*

Teste de Scheffé; *Valores significativos ($p < 0,05$)

Legenda: EAV = Escala analógico visual; GG = grau geral; GR = grau de rugosidade; GS = grau de sopro; GT = grau de tensão

DISCUSSÃO

A análise espectrográfica de banda estreita permite avaliar sinais vocais com ampla faixa de desvio, desde os quase periódicos até os mais aperiódicos⁽²⁾. Desta forma, a inspeção acústica do traçado espectrográfico pode fornecer dados qualitativos e quantitativos do sinal, integrando-os às informações perceptivo-auditivas e laringeas⁽¹⁰⁾. A padronização da tipologia do sinal em relatórios de avaliação clínica pode ser uma estratégia importante para monitorar a qualidade vocal e avaliar o resultado da intervenção clínica (terapêutica ou medicamentosa) ou cirúrgica em pacientes com distúrbios de voz.

Nesta pesquisa, foi investigada a possibilidade de associação entre a presença de alteração laringea, a análise perceptivo-auditiva da qualidade vocal e a classificação espectrográfica do sinal vocal em indivíduos com distúrbio de voz. Assim, comprovou-se a hipótese inicial de que pacientes com queixa vocal e alteração laringea são, proporcionalmente, mais classificados como Tipo III e IV, enquanto os sinais de indivíduos com queixa vocal e sem alteração laringea recebem classificação Tipo I e II, proporcionalmente.

A classificação dos sinais vocais proposta por Titze⁽⁵⁾ e Sprecher et al.⁽⁶⁾ é fundamentada na mudança das características do sinal vocal, em função da mudança no padrão vibratório das pregas vocais. Portanto, as variações na pressão subglótica, no fluxo de ar transglótico, na tensão longitudinal e mediana entre as pregas vocais e nas forças de colisão entre as pregas vocais modificam as características do sinal vocal. Sendo assim, a presença de alteração ou estrutura na laringe justificaria as características espectrográficas relacionadas aos sinais Tipo III, que incluem: ruído entre os harmônicos de baixa frequência, reduzido número de harmônicos em toda a faixa de frequências, maior definição

dos primeiros harmônicos (nas baixas frequências), substituição de harmônicos por ruído nas altas frequências, concentração de energia harmônica abaixo de 1,5 KHz⁽⁵⁾. Por sua vez, os sinais Tipo IV são caracterizados por predomínio de ruído em relação à estrutura harmônica, em toda a faixa de frequência⁽⁶⁾.

Considerando-se que, na casuística desta pesquisa, os pacientes com alteração laringea apresentaram diferentes diagnósticos, desde casos de fechamento glótico incompleto até quadros de lesões fonotraumáticas e de etiologia neurológica (central ou periférica), pode-se compreender a maior proporção de sinais Tipo III e IV.

Deve-se destacar que um número considerável de sinais vocais de pacientes com alteração laringea foi classificado como Tipo II. O traçado referente a esses sinais é caracterizado pela irregularidade dos harmônicos no domínio do tempo, presença de sub-harmônicos com duração ≤ 1 s e menor definição da estrutura harmônica até 4 KHz⁽⁵⁾. Tal achado pode indicar que alguns pacientes com queixa vocal e alteração laringea podem apresentar discretas modificações no sinal vocal, reforçando a importância da integração de dados de diferentes naturezas (laringea, perceptiva, aerodinâmica, acústica e de autoavaliação) na avaliação de pacientes com distúrbio de voz.

Não foi pretensão do presente estudo analisar a classificação dos sinais entre pacientes com diferentes diagnósticos laringeos. Deste modo, não é possível afirmar se há uma categoria diagnóstica específica associada a esses sinais classificados como Tipo II. Estudos futuros, com esse mesmo banco de dados, podem elucidar essa questão e observar se há maior proporção de algum grupo diagnóstico específico, classificado como Tipo II. Por sua vez, ressalta-se que não há, necessariamente, um *continuum* de desvio do sinal vocal em função do diagnóstico laringeo, uma vez que vários fatores, como a demanda vocal do indivíduo, a interação de fatores orgânicos e comportamentais, a configuração/localização da lesão, o padrão de fechamento glótico e o comportamento da supraglote na produção vocal podem modificar a relação entre *input* e *output* vocal⁽⁶⁾. Um dado que reforça essa afirmação é o fato de 12 sinais de pacientes com alteração laringea terem sido classificados como Tipo I, no presente estudo.

A hipótese de que há associação entre a análise perceptivo-auditiva da qualidade vocal (grau geral e graus de rugosidade, sopro e tensão) e o tipo de sinal vocal também foi confirmada. Os sinais de pacientes com desvio da qualidade vocal foram categorizados, predominantemente, como Tipo II, III e IV, enquanto os indivíduos sem desvio da qualidade vocal foram classificados, majoritariamente, como Tipo II. Observou-se que os sinais Tipo III e IV apresentaram valores mais elevados do grau de desvio vocal e dos graus de rugosidade e sopro, em relação aos sinais Tipo I e Tipo II. Além disso, os sinais Tipo IV apresentaram maior grau de desvio vocal e dos graus de rugosidade e sopro, em comparação aos sinais Tipo III. Por sua vez, apenas os sinais Tipo IV apresentaram valores mais elevados no grau de tensão, em relação aos sinais Tipo I, II e III.

Assim sendo, o aumento no grau de desvio vocal parece refletir a classificação espectrográfica do sinal. Quanto maior o grau do desvio vocal, maior a proporção de sinais classificados como Tipo III e IV. Em uma análise qualitativa dos valores de média e desvio padrão (DP) dos parâmetros mensurados na avaliação perceptivo-auditiva, pôde-se observar que houve aumento do grau geral e dos graus de rugosidade, sopro e tensão do sinal Tipo I, em direção ao sinal Tipo IV (Tabela 3).

Sendo assim, constata-se que há um *continuum* entre o desvio da qualidade vocal e o comportamento do sinal espectrográfico.

Os valores mais elevados dos graus de rugosidade e soproidade nos sinais Tipo III e IV, em relação aos sinais Tipo I e II justificam-se pelo fato de que esses dois parâmetros perceptivos estão associados, de modo geral, ao aumento dos componentes de irregularidade e ruído no sinal, respectivamente⁽¹¹⁻¹⁶⁾.

A soproidade é caracterizada, no traçado espectrográfico, pela presença de ruído adicional difuso nas faixas de frequências elevadas e diminuição da energia em todas as faixas de frequência do traçado^(2,11,17,18). Em termos fisiológicos, a soproidade está associada à menor convexidade da borda livre das pregas vocais, menor tempo da fase fechada dos ciclos glóticos e maior grau de separação entre os processos vocais^(19,20). Desta forma, o aumento do grau de soproidade no sinal é compatível com a descrição preconizada para os sinais Tipo III e IV, que envolvem a presença de ruído difuso nas altas frequências, diminuição da energia abaixo de 4 KHz e predomínio de ruído em relação à estrutura harmônica^(5,6).

A rugosidade é um parâmetro relacionado à irregularidade no padrão vibratório das pregas vocais. No traçado espectrográfico, a rugosidade é caracterizada pela presença de harmônicos de baixa amplitude^(3,14,18,21), sub-harmônicos^(5,11,17,22) e presença de ruído nas faixas de frequência mais baixas^(13,18). Sendo assim, o aumento no grau de rugosidade pode estar associado às descrições dos sinais Tipo III e IV, o que inclui presença de ruído entre as baixas frequências e presença de sub-harmônicos por intervalos maiores que 1 s^(5,6).

Quanto ao parâmetro tensão fonatória, observou-se diferença apenas nos sinais Tipo IV, em relação aos sinais Tipo I, II e III. Experimentos com laringes excisadas demonstraram que o aumento considerável da pressão subglótica gera vibração irregular, bifurcação, emissão rugosa e com esforço⁽²³⁾. Por outro lado, determinados níveis de tensão podem ocasionar o aumento da intensidade vocal e manifestar-se acusticamente pela presença de série rica de harmônicos em toda a faixa de frequências do traçado espectrográfico⁽²⁴⁾. Assim, pode-se compreender o fato de que somente sinais Tipo IV apresentaram maior grau de tensão vocal, em relação aos outros tipos de sinais. Provavelmente, a classificação proposta por Titze⁽⁵⁾ e Sprecher et al.⁽⁶⁾ está focada nas características de aperiodicidade do sinal, o que contempla de modo mais direto os componentes de rugosidade e soproidade presentes na emissão e não o grau de tensão associado à produção vocal. Por consequência, dentro dos critérios de classificação propostos, o grau de tensão somente diferencia-se nos sinais Tipo IV por ocasionar maior irregularidade e bifurcação nestes sinais.

Na presente pesquisa, poucos sinais foram classificados como Tipo I, mesmo entre aqueles sem desvio da qualidade vocal. Ressalta-se que todos os indivíduos que participaram do estudo apresentavam queixa vocal, o que pode refletir na diminuição do rendimento vocal e/ou na alteração no funcionamento laríngeo, podendo relacionar-se com o diagnóstico laríngeo e com a intensidade do desvio vocal⁽²⁵⁾. Desta forma, embora não haja uma relação direta e linear entre a presença de queixa vocal referida pelo paciente e o desvio da qualidade vocal percebido auditivamente pelo clínico^(26,27), indivíduos com queixa vocal apresentam, provavelmente, discretas modificações no sinal vocal, que podem vir a ser identificadas no traçado espectrográfico.

Acrescenta-se a isso o fato de que, na classificação de Titze⁽⁵⁾, o sinal Tipo I deve possuir uma série de harmônicos definidos até 4 KHz, regularidade no traçado, ausência de ruído

e de sub-harmônicos. Tais achados podem ser encontrados com maior frequência em indivíduos com treinamento vocal, o que não corresponde à amostra deste estudo. Por outro lado, na análise da média e DP da intensidade do desvio vocal dos sinais classificados como Tipo I, observou-se que os valores eram compatíveis com desvio de qualidade vocal de grau leve (41,42±10,33). Este dado reforça a concepção de que, mesmo sinais que foram avaliados como levemente desviados na análise perceptivo-auditiva, podem apresentar traçado espectrográfico regular e com série rica de harmônicos. Analisadas em conjunto, essas informações ratificam o conceito de que a manifestação de um distúrbio de voz é multidimensional e que as informações de diferentes naturezas são complementares no processo de avaliação, principalmente no que diz respeito à confirmação diagnóstica desse distúrbio^(1,3).

A maioria das vozes com desvio foi classificada como Tipo II e Tipo III. Ao se analisar os valores de média e DP da intensidade do desvio vocal nesses sinais, observou-se que os sinais Tipo II apresentaram desvio de grau leve (44,77±9,83), enquanto os traçados Tipo III demonstraram desvio de grau moderado (56,28±15,04). Além disso, somente sinais com valores mais elevados de grau geral (81,41±14,28) foram classificados como Tipo IV. Sendo assim, tais achados indicam que a classificação proposta por Titze⁽⁵⁾ e Sprecher et al.⁽⁶⁾ pode ser útil como medida de resultado de tratamento, uma vez que a classificação reflete a intensidade do desvio vocal e a presença de alteração laríngea.

Por conseguinte, os achados do presente estudo com o uso da classificação espectrográfica do sinal vocal proposta por Titze⁽⁵⁾ e Sprecher et al.⁽⁶⁾ podem indicar que tal classificação pode ser utilizada em relatórios de avaliação vocal, principalmente como medida de resultado do tratamento oferecido ao paciente. No entanto, algumas ponderações devem ser feitas em relação aos resultados encontrados.

Em primeiro lugar, a amostra do estudo foi constituída apenas por pacientes com distúrbio de voz, o que incluía, necessariamente, a presença de queixa vocal, associada ou não à existência de alteração laríngea e/ou desvio da qualidade vocal. Portanto, não foi constituído um grupo controle com indivíduos vocalmente saudáveis, o que impossibilita a transferência dos resultados encontrados para procedimentos de confirmação diagnóstica. A escolha pela população investigada nesta pesquisa foi proposital, visto que se objetivava compreender se a classificação do tipo de sinal vocal seria útil para caracterizar indivíduos com distúrbios de voz e se tal tipologia estaria associada com o resultado do exame visual laríngeo e a análise perceptivo-auditiva. Em termos clínicos, a motivação inicial para realização desta pesquisa era compreender se essa classificação poderia ser útil para fins de monitoramento do paciente com distúrbio de voz que se submete a algum procedimento de intervenção (clínica ou cirúrgica), facilitando a comunicação entre profissionais envolvidos com o cuidado vocal desse paciente.

Estudos futuros devem ser desenvolvidos, comparando indivíduos vocalmente saudáveis e com distúrbios de voz, para verificar se a tipologia proposta para classificação dos sinais vocais é capaz de discriminar as populações citadas. Tais estudos poderiam elucidar se essa classificação poderia ser utilizada com finalidade de confirmação diagnóstica.

Por fim, deve-se considerar que foram incluídos neste estudo pacientes com diferentes diagnósticos laríngeos, o que aumenta a validade externa dos achados e a possibilidade de generalização para pacientes com distúrbios de voz, de modo

geral. No entanto, não permite compreender o comportamento dos sinais em função da especificidade da lesão laríngea diagnosticada, o que poderá ser investigado em estudos futuros.

De modo geral, os resultados desta pesquisa podem dar suporte à utilização da classificação de sinais vocais proposta por Titze⁽⁵⁾ e Sprecher et al.⁽⁶⁾ como medida de resultado do tratamento oferecido aos pacientes com distúrbios de voz, uma vez que existe associação da tipologia dos sinais com a presença de alteração laríngea e com os dados perceptivo-auditivos. Contudo, deve-se sempre considerar que a manifestação do distúrbio de voz é multidimensional e, portanto, recomenda-se a investigação e a integração de informações de diferentes naturezas para caracterização desse distúrbio.

CONCLUSÃO

Existe associação entre a presença de alteração laríngea, a análise perceptivo-auditiva da qualidade vocal e a classificação espectrográfica do sinal vocal em indivíduos com distúrbio de voz.

A padronização da tipologia do sinal para avaliação clínica pode ser uma estratégia importante para monitorar a qualidade vocal e avaliar o resultado da intervenção clínica (terapêutica ou medicamentosa) ou cirúrgica em pacientes com distúrbios de voz.

REFERÊNCIAS

- Dejonckere PH, Bradley P, Clemente P, Cornut G, Crevier-Buchman L, Friedrich G, et al. A basic protocol for functional assessment of voice pathology, especially for investigating the efficacy of (phonosurgical) treatments and evaluating new assessment techniques. *Eur Arch Otorhinolaryngol*. 2001;258(2):77-82. <http://dx.doi.org/10.1007/s004050000299>. PMID:11307610.
- Lopes LW, Alves GAS, Melo ML. Content evidence of a spectrographic analysis protocol. *Rev CEFAC*. 2017;19(4):510-28. <http://dx.doi.org/10.1590/1982-021620171942917>.
- Beber BC, Cielo CA. Features of wide and narrow band spectrography as for vocal emission of men with larynx without diseases. *Rev CEFAC*. 2012;14(2):290-7. <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-18462012005000008>.
- Yanagihara N. Significance of harmonic changes and noise components in hoarseness. *JSHR*. 1967;10(3):531-41. <http://dx.doi.org/10.1044/jshr.1003.531>. PMID:6081935.
- Titze IR. Workshop on acoustic voice analysis: summary statement. Iowa: National Center for Voice and Speech; 1995. Technical report.
- Sprecher A, Olszewski A, Jiang JJ, Zhang Y. Updating signal typing in voice: addition of type 4 signals. *J Acoust Soc Am*. 2010;127(6):3710-6. <http://dx.doi.org/10.1121/1.3397477>. PMID:20550269.
- Brockmann-Bausier M, Bohlender JE, Mehta DD. Acoustic perturbation measures improve with increasing vocal intensity in individuals with and without voice disorders. *J Voice*. 2018 Mar;32(2):162-8. PMID:28528786.
- Kempster GB, Gerratt BR, Verdolini Abbott K, Barkmeier-Kraemer J, Hillman RE. Consensus auditory-perceptual evaluation of voice: development of a standardized clinical protocol. *Am J Speech Lang Pathol*. 2009;18(2):124-32. [http://dx.doi.org/10.1044/1058-0360\(2008\)08-0017](http://dx.doi.org/10.1044/1058-0360(2008)08-0017). PMID:18930908.
- Yamasaki R, Madazio G, Leão SHS, Padovani M, Azevedo R, Behlau M. Auditory-perceptual evaluation of normal and dysphonic voices using the voice deviation scale. *J Voice*. 2017;31(1):67-71. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jvoice.2016.01.004>. PMID:26873420.
- Kent RD, Read C. The acoustic analysis of speech. 2nd ed. San Diego: Singular Publishing Group; 2007.
- D'Avila H, Cielo CA, Siqueira MA. Efeitos da técnica fonoterapêutica de fricativo sonoro /Z/ na voz: análise de um caso. *Soc Bras Fonoaudiol*. 2005;10(4):232-5.
- McAllister A, Sederholm E, Sundberg J. Perceptual and acoustic analysis of vocal registers in 10-year-old children. *Logoped Phoniatr Vocol*. 2000;25(2):63-71. <http://dx.doi.org/10.1080/14015430050175914>. PMID:10955314.
- Pontes PAL, Vieira VP, Gonçalves MIR, Pontes AAL. Características das vozes roucas, ásperas e normais: análise acústica espectrográfica comparativa. *Rev Bras Otorrinolaringol*. 2002;68(2):182-8. <http://dx.doi.org/10.1590/S0034-72992002000200005>.
- Jotz GP, Cervantes O, Settani FAP, Angelis EC. Acoustic measures for the detection of hoarseness in children. *Int Arch Otorhinolaryngol*. 2006;10(1):14-20.
- Lopes LW, Freitas JA, Almeida AA, Silva POC, Alves GAS. Performance of the phonatory deviation diagram in the evaluation of rough and breathy synthesized voices. *Rev Bras Otorrinolaringol*. 2018;84(4):460-72. <http://dx.doi.org/10.1016/j.bjorl.2017.05.012>. PMID:28732642.
- Valentim AF, Côrtes MG, Gama AC. Análise espectrográfica da voz: efeito do treinamento visual na confiabilidade da avaliação. *Rev Soc Bras Fonoaudiol*. 2010;15(3):335-42. <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-80342010000300005>.
- Cielo CA, Ribeiro VV, Bastilha GR, Schilling NO. Quality of life in voice, perceptual-auditory assessment and voice acoustic analysis of teachers with vocal complaints. *Audiol Commun Res*. 2015;20(2):130-40. <http://dx.doi.org/10.1590/S2317-64312015000200001511>.
- Lucero JC, Koenig LL. Simulations of temporal patterns of oral airflow in men and women using two-mass model of the vocal folds under dynamic control. *J Acoust Soc Am*. 2005;117(3 Pt 1):1362-72. <http://dx.doi.org/10.1121/1.1853235>. PMID:15807024.
- Samlan RA, Story BH, Bunton K. Relation of perceived breathiness to laryngeal kinematics and acoustic measures based on computational modeling. *J Speech Lang Hear Res*. 2013;56(4):2109-23. [http://dx.doi.org/10.1044/1092-4388\(2012\)12-0194](http://dx.doi.org/10.1044/1092-4388(2012)12-0194). PMID:23785184.
- Narasimhan SV, Vishal K. Spectral measures of hoarseness in persons with hyperfunctional voice disorder. *J Voice*. 2017;31(1):57-61. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jvoice.2016.03.005>. PMID:27080591.
- Rodríguez-Parra MJ, Adrián JA, Casado JC. Comparing voice-therapy and vocal-hygiene treatments in dysphonia using a limited multidimensional evaluation protocol. *J Commun Disord*. 2011;44(6):615-30. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jcomdis.2011.07.003>. PMID:21880326.
- Jiang JJ, Zhang Y, Ford CN. Nonlinear dynamics of phonations in excised larynx experiments. *J Acoust Soc Am*. 2003;114(4 Pt 1):2198. <http://dx.doi.org/10.1121/1.1610462>. PMID:14587617.
- Rees CJ, Blalock PD, Kemp SE, Halum SL, Koufman JA. Differentiation of adductor-type spasmodic dysphonia from muscle tension dysphonia by spectral analysis. *Otolaryngol Head Neck Surg*. 2007;137(4):576-81. <http://dx.doi.org/10.1016/j.otohns.2007.03.040>. PMID:17903573.
- Verdolini K, Ramig LO. Review: occupational risks for voice problems. *Logoped Phoniatr Vocol*. 2001;26(1):37-46. <http://dx.doi.org/10.1080/14015430119969>. PMID:11432413.

25. Coyle SM, Weinrich BD, Stemple JC. Shifts in relative prevalence of laryngeal pathology in a treatment-seeking population. *J Voice*. 2001;15(3):424-40. [http://dx.doi.org/10.1016/S0892-1997\(01\)00043-1](http://dx.doi.org/10.1016/S0892-1997(01)00043-1). PMID:11575638.
26. Cohen SM, Pitman MJ, Noordzij JP, Courey M. Management of dysphonic patients by otolaryngologists. *Otolaryngol Head Neck Surg*. 2012;147(2):289-94. <http://dx.doi.org/10.1177/0194599812440780>. PMID:22368039.
27. Lopes LW, Silva HF, Evangelista DS, Silva JD, Simões LB, Silva POC, et al. Relationship between vocal symptoms, severity of voice disorders, and laryngeal diagnosis in patients with voice disorders. *CoDAS*. 2016;28(4):439-45. <http://dx.doi.org/10.1590/2317-1782/20162015062>. PMID:27356190.