

ANÁLISE ACÚSTICA DE VOZES INFANTIS: CONTRIBUIÇÕES DO DIAGRAMA DE DESVIO FONATÓRIO

Acoustic analysis of children's voices: phonatory deviation diagram contributions

Leonardo Wanderley Lopes⁽¹⁾, Ivonaldo Leidson Barbosa Lima⁽²⁾, Elma Heitmann Mares Azevedo⁽¹⁾,
Maria Fabiana Bonfim de Lima Silva⁽¹⁾, Priscila Oliveira Costa Silva⁽¹⁾

RESUMO

Objetivo: analisar o poder discriminatório do diagrama de desvio fonatório na avaliação do tipo de voz predominante e da intensidade do desvio vocal em crianças. **Métodos:** coletou-se a vogal /ε/ sustentada de 93 crianças. A intensidade do desvio e a qualidade vocal foram analisadas por meio da escala analógico-visual. Utilizou-se o diagrama para a análise acústica, com avaliação da distribuição dos sinais vocais de acordo com a área, quadrante, forma e densidade. Realizou-se o teste de igualdade de proporções e o teste *Qui-quadrado* (χ^2) para comparar as variáveis, e o teste de Correlação de Spearman para correlacionar as medidas acústicas e perceptivo-auditivas. **Resultados:** houve correlação entre a classificação de quadrantes e a intensidade do desvio vocal para todos os parâmetros analisados. Houve diferença estatisticamente significativa entre a proporção de crianças com rugosidade, sopro, tensão e instabilidade em relação à área, ao quadrante e à forma. Não houve diferença estatisticamente significativa entre a proporção de crianças com e sem desvio da qualidade vocal em relação a todos os parâmetros analisados, ao considerar a distribuição das vozes nos quadrantes. **Conclusão:** o diagrama de desvio fonatório foi capaz de diferenciar a qualidade vocal predominante por meio da distribuição nos quadrantes, embora não tenha discriminado as vozes infantis saudáveis e alteradas.

DESCRITORES: Qualidade da Voz; Acústica; Disfonia; Distúrbios da Voz; Criança

■ INTRODUÇÃO

Uma das principais dificuldades da avaliação vocal infantil é a própria definição do que seria considerado “alterado” nesta faixa etária, uma vez que a produção vocal da criança apresenta instabilidade, tensão e sopro como manifestações esperadas para a idade devido à imaturidade neuromuscular, à estrutura rudimentar da laringe e à configuração do trato vocal¹⁻⁴.

Para uma avaliação vocal efetiva das crianças, deve-se considerar que a voz é multidimensional, o que exige uma avaliação que envolva as medidas

perceptivas, acústicas, aerodinâmicas, laringológicas e a autoavaliação, mapeando a maioria das características vocais e correlacionando-as, possibilitando uma visão global e a verdadeira causa e impacto da disfonia⁵⁻⁷.

A análise acústica é um procedimento habitualmente utilizado na avaliação vocal para caracterizar a qualidade vocal, auxiliar no diagnóstico diferencial, para possibilitar documentação e monitoramento dos parâmetros vocais, assim como para verificar os resultados do tratamento oferecido ao paciente com distúrbio da voz⁸. Ela emprega técnicas computacionais que mensuram as propriedades do sinal acústico, seja da vogal ou da fala encadeada, fornecendo informações mais objetivas sobre o sinal vocal, quando comparada à análise perceptivo-auditiva, possibilitando dados quantitativos da avaliação vocal⁹⁻¹³.

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

⁽²⁾ Universidade Federal da Paraíba – UFPB, João Pessoa, Paraíba, Brasil.

Conflito de interesses: inexistente

Muitos estudos ^{1,9,14,15} têm tentado determinar a relação entre as características acústicas do sinal de voz e qualidade vocal percebida. É cada vez mais importante estabelecer o quanto existe de correlação entre essas avaliações, o quanto as medidas acústicas são capazes de discriminar vozes normais e alteradas e até mesmo o poder discriminatório entre diferentes graus de alteração vocal.

Os distúrbios da voz tendem a perturbar o sinal sonoro de diferentes maneiras, combinando diferentes tipos de perturbações e ruído. Por isso, alguns estudos ⁸⁻¹² indicam que uma avaliação vocal deve utilizar uma combinação de várias medidas acústicas de perturbação e ruído, permitindo que cada emissão vocal individual seja quantificada por um conjunto de parâmetros.

O diagrama de desvio fonatório (DDF) ¹⁶, originalmente chamado de diagrama de rouquidão (*hoarseness diagram*) ¹², é um gráfico bidimensional que possibilita a avaliação do sinal vocal a partir da combinação de medidas de periodicidade (*jitter*, *shimmer* e coeficiente de correlação) e de ruído (*glottal to noise excitation – GNE*). Estudos ^{10,12,17} sobre a utilização do DDF na avaliação vocal demonstraram que ele é eficaz para analisar a regularidade do sinal sonoro e o componente de ruído adicional, proporcionando informações sobre as características da produção vocal de indivíduos saudáveis e com desvio da qualidade vocal.

Até o momento, não existem pesquisas que utilizaram o DDF na avaliação de vozes infantis, principalmente estabelecendo relações entre a avaliação perceptivo-auditiva e a análise por meio do DDF. O estudo dessa relação pode indicar se o DDF seria um instrumento útil para avaliação de vozes infantis, principalmente considerando-se a possibilidade de ações de triagem em escolares, com maiores populações, necessitando-se de procedimentos rápidos e eficazes para identificação de indivíduos que necessitam de uma avaliação mais aprofundada, incluindo o exame laríngeo, por exemplo.

Nesse contexto, este estudo tem o objetivo de analisar o poder discriminatório do DDF na avaliação do tipo de voz predominante e da intensidade do desvio vocal em crianças.

■ MÉTODOS

Trata-se de estudo quantitativo, descritivo e transversal avaliado e aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos do Hospital Universitário da Universidade Federal da Paraíba – UFPB sob o protocolo de nº 775/10. Tal pesquisa ocorreu no período de março a outubro de 2012.

Participaram da pesquisa 93 crianças, de ambos os sexos, com idade entre 3 e 10 anos, sendo 48 do sexo feminino e 45 do sexo masculino. Com relação à faixa etária, 26 crianças tinham entre 03-05 anos, 22 tinham entre 06-07 anos e 45 estavam entre 8-10 anos de idade. Todas estudavam em uma escola vinculada a uma instituição de ensino pública federal.

Foram excluídas crianças com transtorno neurológico, cognitivo, com alterações de vias aéreas superiores e inferiores no momento da coleta e crianças que não conseguiam cumprir a tarefa de fala solicitada.

Antes de iniciar a coleta, o local da pesquisa foi visitado, a fim de selecionar um ambiente silencioso, com ruído ambiental inferior a 50dB NPS. Nesse momento, a diretora da escola foi contatada e informada sobre os procedimentos da pesquisa e seus objetivos autorizando o desenvolvimento do estudo. Posteriormente, foram encaminhados os Termos de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLEs) aos pais das crianças incluídas.

Após a devolução dos TCLEs assinados, retornou-se à escola para gravação das vozes, que ocorreu em horários previamente agendados com a supervisora da instituição. Os professores encaminhavam as crianças individualmente para o ambiente de gravação ao longo do primeiro período de aula nos turnos da manhã e tarde.

As sessões de gravação tinham duração média de cinco minutos, sendo solicitada a emissão da vogal sustentada /ε/ em tempo máximo de fonação. A coleta foi realizada usando-se *notebook* HP e microfone *headset* da marca *Logitech*, por meio do *software* PRAAT versão 5.1.44, com taxa de amostragem de 44.100Hz.

Posteriormente, as vozes foram editadas no *software Sound Forge* versão 10.0, na qual foram eliminados os dois segundos iniciais e um segundo final da emissão da vogal, devido à maior irregularidade nesses trechos, preservando-se o tempo mínimo de três segundos para cada emissão. Em seguida, foi realizada a normalização no controle “*normalize*” do *Sound Forge*, no modo *peak level*, a fim de obter uma padronização na saída de áudio entre -6 e 6dB.

Para a análise perceptivo-auditiva da voz, foi utilizada a escala analógica visual (EAV), com uma métrica de 0 a 100 mm. Quanto mais próxima do zero “0” for a marcação, menor o grau de desvio vocal; quanto mais próxima do cem “100”, maior o grau de desvio vocal. Essa avaliação foi realizada por meio de consenso por três fonoaudiólogos especialistas em voz, com experiência de mais de 10 anos em avaliação vocal perceptivo-auditiva. Optou-se em avaliar a intensidade (grau geral) do

desvio vocal (GG), o grau de rugosidade (GR), o grau de soprosidade (GS), o grau de tensão (GT) e o grau de instabilidade (GI).

A sessão de avaliação perceptiva ocorreu em ambiente silencioso. Inicialmente, os juízes foram orientados de que as vozes deveriam ser consideradas saudáveis quando fossem socialmente aceitáveis para crianças, produzidas de forma natural, sem esforço, ruído ou condição de instabilidade durante a emissão, levando-se sempre em consideração as características esperadas para o padrão infantil. Eles também foram instruídos de que a rugosidade corresponderia à presença de irregularidade vibratória, a soprosidade estaria relacionada ao escape de ar audível na emissão, a tensão corresponderia à percepção de esforço vocal e a instabilidade seria identificada pela presença de qualidade vocal, frequência e/ou intensidade flutuante ao longo da emissão. Além disso, os juízes foram treinados com estímulos-âncora de vozes infantis, contendo emissões saudáveis e com desvio nos diferentes graus, assim como vozes predominantemente rugosas, soprosas, tensas e instáveis.

Para avaliação, cada emissão da vogal sustentada foi apresentada por três vezes através de caixa de som, em intensidade confortável autorreferida pelos avaliadores. Em seguida, faziam a identificação da presença ou ausência de desvio vocal, do tipo de voz predominante nas vozes desviadas (rugosa, soprosa, tensa ou instável) e,

por fim, o julgamento da intensidade do desvio (GG, GR, GS, GT e GI).

No final da sessão de avaliação perceptiva, 10% das amostras foram repetidas aleatoriamente, para a análise da confiabilidade da avaliação por consenso dos juízes por meio do Coeficiente Kappa de Cohen. O valor de Kappa foi de 0,80, indicando uma boa concordância entre os avaliadores.

Ao final, foi realizada uma correspondência da escala numérica (AS) para a EAV^{7,18}, sendo o grau 1 (0-35,5 mm) relacionado às vozes saudáveis, grau 2 (35,6-50,5 mm) desvio leve, grau 3 (50,6-90,5 mm) desvio moderado e grau 4 (90,6-100 mm) desvio intenso. Essa mesma correspondência foi realizada para o GR, o GS, o GT e o GI, considerando-se que a emissão saudável ou variabilidade normal da qualidade vocal, contempla, entre outros aspectos, as manifestações vocais esperadas para a faixa etária do indivíduo.

A análise acústica foi realizada no *software* *VoxMetria* versão 4.5h, no módulo qualidade vocal. Para essa avaliação foi utilizado o DDF, a fim de analisar a distribuição dos sinais vocais de acordo com a área, quadrante, forma e densidade.

O DDF é utilizado para analisar, de forma combinada, parâmetros de perturbação e de ruído em um sinal vocal, baseando-se nas medidas de *jitter*, *shimmer*, coeficiente de correlação e *GNE*¹².

Com relação à área, o próprio *software* indica se o sinal vocal está dentro ou fora da área de normalidade, conforme ilustrado na Figura 1.

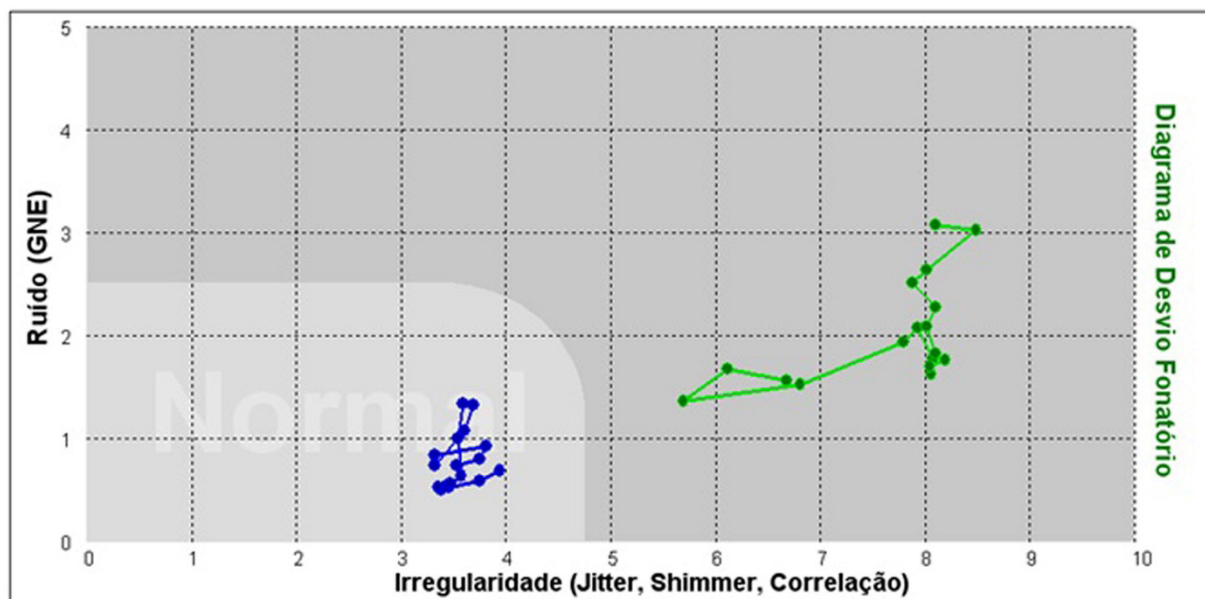


Figura 1 – Ilustração da área de normalidade do diagrama de desvio fonatório, com a região mais clara representando a área de normalidade. Os pontos azuis representam um sinal vocal de densidade concentrada e os pontos verdes representam um sinal vocal com densidade ampliada

Quanto à distribuição dos pontos em relação à densidade (Figura 1), os pontos referentes à distribuição dos sinais vocais foram classificados em concentrados, quando os pontos se distribuíam em um espaço correspondente a um quadrado, ou ampliados, quando os pontos se estendiam pelo espaço correspondente a mais de um quadrado do DDF¹⁶. A classificação da densidade foi realizada com utilização de uma régua simples de 10 cm sobre a folha impressa de cada DDF gerado pelo *software*, correspondendo à imagem de cada sinal vocal analisado, sem o conhecimento prévio da intensidade do desvio vocal e do tipo de voz predominante.

Quanto à forma, os pontos referentes à distribuição dos sinais vocais foram categorizados em verticais, quando a distância entre os pontos ao longo da abscissa foi menor do que ao longo da ordenada ($X < Y$); horizontal, quando a distância entre os pontos ao longo da abscissa foi maior ao longo da ordenada ($X > Y$); e circular, quando a distância entre os pontos ao longo da ordenada e da abscissa foi aproximadamente igual ($X \approx Y$)¹⁶. Para tanto, foi utilizada a mesma régua de 10 cm sobre a folha impressa de cada DDF.

Por fim, o DDF foi dividido em quatro quadrantes iguais¹⁶: inferior-esquerdo (1), inferior-direito (2), superior-direito (3) e superior-esquerdo (4) (Figura 2).

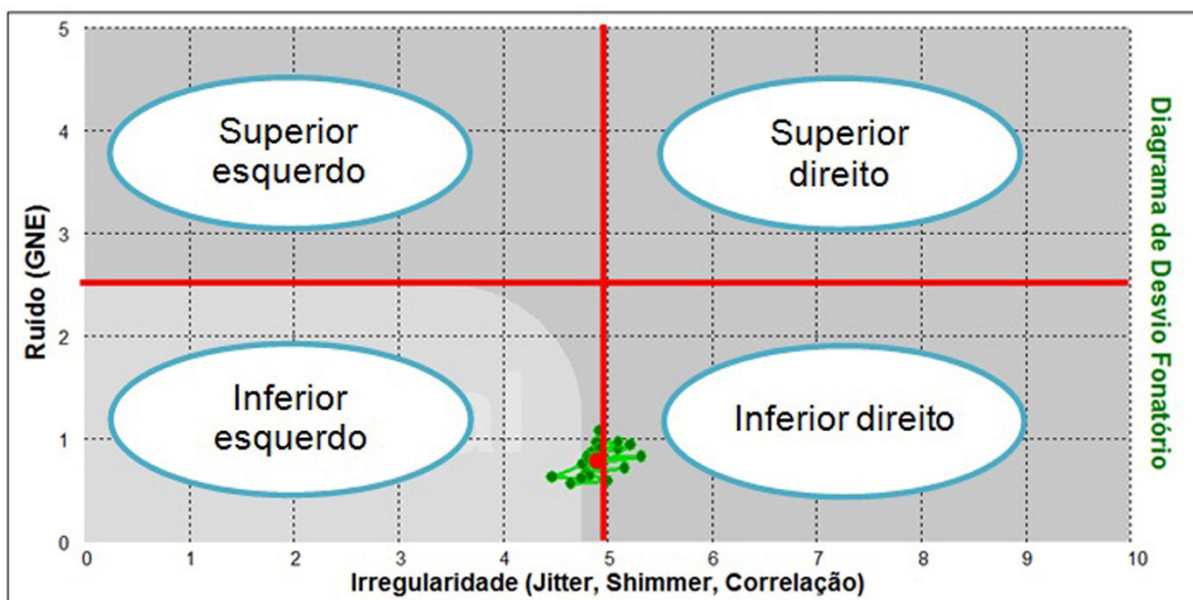


Figura 2 – Divisão do diagrama de desvio fonatório em quadrantes

A análise estatística foi descritiva para todas as variáveis estudadas e utilizou-se o teste de igualdade de proporções e o teste *Qui-quadrado* (χ^2) para comparar a análise das variáveis relacionadas às medidas perceptivo-auditivas (intensidade do desvio vocal e tipo de voz predominante) e acústicas (área, densidade, forma e quadrante do DDF).

Além disso, realizou-se uma análise estatística inferencial de correlação, com o teste de Correlação de Spearman, para correlacionar a localização no quadrante do DDF e intensidade do desvio vocal nos parâmetros GG, GR, GS, GT e GI.

O nível de significância adotado foi o p-valor $\leq 5\%$ para todas as análises. O *software* utilizado foi *STATISTICA* versão 6.0.

■ RESULTADOS

A partir da avaliação perceptivo-auditiva, quanto à intensidade do desvio vocal (GG), observou-se que 74,1% (n=69) das crianças apresentaram alteração de grau leve e em 14% (n=13) observou-se desvio de grau moderado. Apenas 11,9% (n=11) dos sujeitos apresentaram voz saudável. Nenhuma criança apresentou desvio intenso da qualidade vocal.

A maioria das crianças apresentou desvio leve para os parâmetros de rugosidade (47,47%, n=47), instabilidade (45,45%, n=45), soprosidade (37,37%, n=37) e tensão (37,37%, n=37), com médias de 42,29 (DP=14,58), 45,87 (DP=11,14), 37,05 (DP=19,55) e 38,88 (DP=15,56), respectivamente.

Quanto ao tipo de voz predominante, a instabilidade (26,9%, 22) e a tensão (25,6%, 21) foram os parâmetros predominantes nas crianças com presença de desvio da qualidade vocal, seguida pela soprosidade (24,3%, 20) e rugosidade (23,2%, 19).

Ao comparar-se o grupo de crianças com e sem alteração vocal em relação à área, densidade, quadrante e forma no DDF, não houve diferença estatisticamente significativa entre a proporção de crianças (Tabela 1).

Em relação à intensidade do desvio vocal, não houve diferença entre a proporção de crianças com voz saudável e com desvio leve e moderado, considerando-se a distribuição nos quadrantes do DDF (Tabela 2).

Houve correlação positiva entre a classificação de quadrantes do DDF e a intensidade do desvio vocal, tanto para o GG ($p=0,02$), quanto para os parâmetros de GR ($p<0,001$), GS ($p<0,001$) e GI ($p=0,008$), e correlação negativa com o GT ($p=0,05$) (Tabela 3). Considerando-se que os quadrantes foram classificados na sequência inferior-esquerdo (1), inferior-direito (2), superior-direito (3) e superior-esquerdo (4), quanto maior o GG, GR, GS e GI, mais as vozes se situavam em direção ao quadrante

superior-esquerdo. Por outro lado, quanto maior o GT, mais os sinais vocais se localizavam em direção ao quadrante inferior-esquerdo.

Houve diferença entre a proporção de crianças com vozes rugosas, soprosas, tensas e instáveis em relação à área, ao quadrante e à forma no DDF (Tabela 4). Pôde-se observar que 73,7% (n=14) das vozes rugosas, 85% (n=17) das vozes soprosas e 68,2% (n=15) das vozes instáveis situaram-se fora da área de normalidade do DDF. No entanto, a maior parte das vozes tensas (71,4%, 15) encontrou-se dentro da área de normalidade do DDF.

Em relação ao quadrante, as vozes rugosas situaram-se nos quadrantes inferior-direito (52,7%, 10) e inferior-esquerdo (47,3%, 9); as vozes soprosas encontraram-se distribuídas nos quadrantes inferior-direito (35%, 7), inferior-esquerdo (30%, 6) e superior-direito (30%, 6); as vozes tensas localizaram-se predominantemente no quadrante inferior-esquerdo (76,2%, 16); e as vozes instáveis nos quadrantes inferior-direito (50%, 11) e inferior-esquerdo (45,5%, 10) (Tabela 4).

Quanto à forma, as vozes rugosas (47,3%, 9), tensas (81%, 17) e instáveis (77,3%, 17) apresentaram-se predominantemente horizontais, enquanto que as vozes soprosas encontraram-se distribuídas de modo igualitário (40%, 8) nas formas horizontal e circular (Tabela 4).

Em relação aos quadrantes do DDF, houve diferença entre as vozes rugosas e tensas ($p=0,007$), soprosas e tensas ($p<0,001$) e tensas e instáveis ($p=0,009$) (Tabela 5).

Tabela 1 – Configurações de área, densidade, quadrante e forma do diagrama de desvio fonatório para os grupos com vozes saudáveis e alteradas

Configuração	Grupo com vozes saudáveis		Grupo com vozes alteradas		p-valor
	n	%	n	%	
Área					
Dentro	6	54,5	30	36,6	0,251
Fora	5	45,5	52	63,4	
Densidade					
Concentrada	5	45,5	20	24,4	0,139
Ampliada	6	54,5	62	75,6	
Quadrante					
Inf. esquerdo	7	63,6	41	50,0	0,692
Inf. direito	4	36,4	33	40,2	
Sup. direito	0	0,0	7	8,5	
Sup. esquerdo	0	0,0	1	1,2	
Forma					
Circular	1	9,1	22	26,8	0,372
Horizontal	9	81,8	50	61,0	
Vertical	1	9,1	10	12,2	

* Valores significantes ($p\leq 0,05$) – Teste de igualdade de proporções

Legenda: n= tamanho da amostra; %= percentual da amostra; Inf=inferior; Sup=superior

Tabela 2 – Distribuição da intensidade do desvio vocal nos quadrantes do diagrama de desvio fonatório

Configuração	Saudável (1)		Leve (2)		Moderada (3)		Total		p-valor
	n	%	n	%	n	%	n	%	
Quadrante									
Inf. Esquerdo	8	72,7	36	52,2	4	30,8	48	51,6	0,119
Inf. Direito	3	27,3	28	40,6	6	46,2	37	39,8	
Sup. Direito	0	0,0	5	7,2	2	15,4	7	7,5	
Sup. esquerdo	0	0,0	0	0,0	1	7,7	1	1,1	
Total	11	11,9	69	74,1	13	14,0	93	100%	

* Valores significantes ($p \leq 0,05$) – Teste de igualdade de proporções

Legenda: n= tamanho da amostra; %= percentual da amostra; Inf=inferior; Sup=superior

Tabela 3 – Correlação da intensidade do desvio vocal com os quadrantes do diagrama de desvio fonatório

Variáveis	Quadrante no DDF	
	Correlação	p-valor
Grau geral	0,26	0,02*
Grau de rugosidade	0,44	<0,001*
Grau de soproidade	0,62	<0,001*
Grau de tensão	-0,67	0,05*
Grau de instabilidade	0,31	0,008*

* Valores significantes ($p \leq 0,05$) – Correlação de Spearman

Legenda: DDF= diagrama de desvio fonatório

Tabela 4 – Configurações de área, densidade, quadrante e forma do diagrama de desvio fonatório para os tipos de vozes predominantes

Configuração	Rugosa		Soprosa		Tensa		Instável		p-valor
	n	%	n	%	n	%	n	%	
Área									
Dentro	5	26,3	3	15,0	15	71,4	7	31,8	0,001*
Fora	14	73,7	17	85,0	6	28,6	15	68,2	
Densidade									
Concentrada	4	21,0	4	20,0	6	28,6	6	27,3	0,909
Ampliada	15	79,0	16	80,0	15	71,4	16	72,7	
Quadrante									
Inf. esquerdo	9	47,3	6	30,0	16	76,2	10	45,5	0,004*
Inf. direito	10	52,7	7	35,0	5	23,8	11	50,0	
Sup. direito	0	0,0	6	30,0	0	0,0	1	4,5	
Sup. esquerdo	0	0,0	1	5,0	0	0,0	0	0,0	
Forma									
Circular	6	31,6	8	40,0	2	9,5	5	22,7	0,031*
Horizontal	9	47,3	8	40,0	17	81,0	17	77,3	
Vertical	4	21,1	4	20,0	2	9,5	0	0,0	

* Valores significantes ($p \leq 0,05$) – Teste de igualdade de proporções

Legenda: n= tamanho da amostra; %= percentual da amostra; Inf=inferior; Sup=superior

Tabela 5 – Comparação entre os tipos de vozes predominantes em função do quadrante do diagrama de desvio fonatório

Tipos de vozes	p-valor
Rugosa e soprosa	0,335
Rugosa e tensa	0,007*
Rugosa e instável	0,781
Soprosa e tensa	<0,001*
Soprosa e instável	0,201
Tensa e instável	0,009*

* Valores significantes ($p \leq 0,05$) – Teste χ^2

■ DISCUSSÃO

A alta prevalência de disfonia na infância exige uma atenção especial na avaliação e diagnóstico de vozes infantis, com o desenvolvimento de medidas objetivas que proporcionem a compreensão da intensidade do desvio vocal e sua manifestação em diferentes períodos entre os 3 e 9 anos de idade^{1,19-21}.

Na presente pesquisa foi investigado o poder discriminatório do diagrama de desvio fonatório na avaliação do tipo de voz predominante e da intensidade do desvio vocal em crianças. Quando comparados os grupos de crianças com vozes saudáveis e alteradas, não houve diferenças estatisticamente significantes entre a proporção de crianças nessas duas condições em relação à área, densidade, quadrante e forma no DDF (Tabela 1), assim como também não ocorreram diferenças entre a proporção de crianças com vozes saudáveis (VNQV) e com alterações leves e moderadas, considerando-se a distribuição nos quadrantes do DDF (Tabela 2).

No entanto, quando foi realizado o teste de correlação de Spearman, houve correlação entre a classificação de quadrantes do DDF e a intensidade do desvio vocal, tanto para o GG, quanto para os parâmetros de rugosidade, sopro-sidade, tensão e instabilidade. (Tabela 3). A força de correlação de 0,26 encontrada entre o GG e os quadrantes do DDF, embora tenha significância estatística ($p=0,02$), implicando em uma relação entre essas variáveis, representa uma correlação fraca, necessitando, talvez, do desenvolvimento de novas pesquisas, com aumento do tamanho amostral.

Por sua vez, a correlação encontrada entre os parâmetros de rugosidade, sopro-sidade, tensão e instabilidade foi moderada, com valores de 0,44 ($p < 0,001$), 0,62 ($p < 0,001$), -0,67 ($p = 0,05$) e 0,31 ($p = 0,008$), respectivamente (Tabela 3). Considerando-se que a rugosidade, sopro-sidade

e tensão são parâmetros vocais universalmente aceitos e que, mais especificamente, rugosidade e sopro-sidade são as características vocais mais importantes para detectar a presença de alteração vocal ou laríngea²², pode-se inferir que o DDF é uma boa ferramenta de acompanhamento das vozes infantis ao longo do tratamento vocal.

Um estudo¹⁶ realizado com o DDF na avaliação de vozes de adultos demonstrou que houve diferenças significantes entre vozes saudáveis e alteradas, principalmente quanto à área e quadrante do DDF. Nesse estudo, as vozes consideradas saudáveis e de grau leve localizaram-se no quadrante inferior-esquerdo, as vozes com desvio moderado distribuíram-se nos quadrantes inferior-direito e superior esquerdo, e as vozes com desvio intenso localizaram-se no quadrante superior-esquerdo.

Contudo, na presente pesquisa, encontrou-se que as configurações do DDF não foram eficazes para discriminar os grupos de crianças com vozes saudáveis e alteradas e a localização das vozes nos quadrantes não foi sensível para diferenciar a intensidade do desvio vocal. A justificativa para isso pode estar baseada no fato de que a presença de instabilidade, tensão e sopro-sidade são características esperadas para as vozes infantis, mesmo aquelas consideradas saudáveis.

O poder discriminatório de uma medida é importante, principalmente, no processo de diagnóstico vocal, quando o intuito é identificar a presença/ausência de uma alteração e/ou doença. O fato de não ter ocorrido diferença nas configurações do DDF entre vozes saudáveis e alteradas e, por sua vez, ter sido encontrada correlação entre os quadrantes do DDF e o grau de rugosidade, sopro-sidade, tensão e instabilidade, pode talvez, indicar a sua utilidade, no caso de vozes infantis, no processo de monitoramento da voz da criança ao longo do processo de terapia vocal de maneira objetiva, uma vez que, com a diminuição dos parâmetros de rugosidade, sopro-sidade e instabilidade no plano perceptual, há um retorno dos pontos do sinal vocal para o quadrante inferior-esquerdo, que corresponde à área de normalidade quanto à presença de irregularidade e ruído aditivo.

Outro aspecto que deve ser analisado é que o DDF analisa sinais vocais a partir da combinação de medidas, o que pode melhorar ou piorar a sua acurácia na discriminação de vozes saudáveis e alteradas²³. Um estudo que realizou a comparação entre os diferentes graus de desvio vocal em vozes infantis e as medidas acústicas de *jitter*, *shimmer* e GNE isoladamente, mostrou que o GNE foi a única medida eficaz para diferenciar a intensidade do desvio vocal, apresentando-se como uma medida robusta para diferenciar vozes infantis saudáveis e

alteradas, podendo, assim, ser utilizada em procedimentos de triagem vocal¹.

O *jitter* e o *shimmer* são, reconhecidamente, mais úteis no monitoramento do desvio vocal ao longo de um contínuo, ou seja, na documentação e avaliação do tratamento vocal, podendo ajudar a descrever e quantificar as características perceptivas e de vibração das pregas vocais, sendo mais utilizados na prática clínica e em pesquisa com fins descritivos^{13,24,25}.

É importante lembrar que a prega vocal infantil ainda não concluiu o processo de diferenciação das camadas intermediária e profunda da lâmina própria²⁴. Além disso, o infante encontra-se em fase de desenvolvimento do seu controle neuromuscular, sendo, portanto, esperado que as medidas de perturbação/irregularidade encontrem-se mais alteradas em crianças, principalmente na primeira infância.

Com relação ao tipo de voz predominante, existiram diferenças entre a proporção de crianças com vozes rugosas, soprosas, tensas e instáveis em relação à área, ao quadrante e à forma no DDF (Tabela 4). A maioria das vozes rugosas, soprosas e instáveis situaram-se fora da área de normalidade. No entanto, a maior parte das vozes tensas encontrou-se dentro da área de normalidade do DDF.

Um estudo¹⁶ da aplicação do DDF na avaliação de vozes de adultos demonstrou que 84,2% (n=48) das vozes soprosas, 68,3% (n=41) das vozes rugosas e 52,2% das vozes tensas encontraram-se fora da área de normalidade do DDF.

O fato de as vozes rugosas, soprosas e instáveis situarem-se fora da área de normalidade, confirma que o DDF é sensível à presença de irregularidade e ruído na emissão vocal, pode ser útil na avaliação e acompanhamento de vozes infantis.

A rugosidade presente na voz infantil é muito frequentemente associada a alterações laringeas que, por sua vez, podem ser o resultado de fatores alérgicos, estrutura de personalidade, ajustes vocais inadequados, entre outros²⁶.

Um estudo⁶ realizado com crianças de 10 anos de idade mostrou a ocorrência de rugosidade e soprosidade em torno dessa idade, estando a personalidade, sexo e as horas empregadas diariamente em atividades de grupo como principais fatores associados aos parâmetros vocais desviados.

As mudanças na qualidade vocal geralmente estão associadas ao aumento de massa nas pregas vocais ou às alterações no fechamento glótico, sendo estes os principais fatores determinantes da alteração vocal. Em geral, as fendas glóticas por desvios na proporção glótica, como é o caso das laringes infantis, podem gerar sobrecarga no

mecanismo fonatório na tentativa de aumentar a intensidade vocal, principalmente nas atividades em grupo e na presença de ruído competitivo no ambiente¹⁹.

A tensão presente na emissão vocal infantil é compatível com um padrão vocal hiperfuncional, que pode estar relacionado às recorrentes infecções de vias aéreas inferiores, determinantes sociais, características anatômicas e comportamentais^{1,22}. A presença de tensão com ocorrência de maior constrição glótica mediana pode, inclusive, mascarar a presença de rugosidade (aperiodicidade) e soprosidade (ruído aditivo) na emissão, o que justifica, portanto, a localização das vozes predominantemente tensas dentro da área de normalidade.

Vale ressaltar que a presença de tensão fonatória pode se constituir em um fator de risco para o desenvolvimento de desvios vocais devido à sobrecarga do aparelho fonador e ao desequilíbrio na fisiologia da fonação. A manutenção desses ajustes poderá resultar em lesões teciduais nas pregas vocais, como o aparecimento de nódulos vocais ou espessamentos das mucosas das bordas livres das pregas vocais, lesões laringeas mais diagnosticadas na população pediátrica^{3,27}.

Em relação ao quadrante, as vozes rugosas situaram-se predominantemente no quadrante inferior-direito, as vozes soprosas encontraram-se distribuídas proporcionalmente nos quadrantes inferior-direito, inferior-esquerdo e superior-direito, as vozes tensas localizaram-se predominantemente no quadrante inferior-esquerdo e as vozes instáveis nos quadrantes inferior-direito e inferior-esquerdo (Tabela 4).

Na avaliação de vozes de adultos ocorreu a distribuição dos sinais de voz nos quadrantes do DDF da seguinte forma: vozes rugosas no quadrante inferior direito, soprosas no quadrante superior direito e tensas no quadrante inferior esquerdo¹⁶.

Dessa forma, embora as vozes infantis rugosas, soprosas e instáveis tenham se situado significativamente fora da área de normalidade, apenas as vozes rugosas e tensas situaram-se predominantemente em um quadrante definido, no inferior-direito e inferior-esquerdo, respectivamente. Vale ressaltar que, proporcionalmente, apenas as vozes soprosas situaram-se no quadrante superior direito.

Quanto à forma, as vozes rugosas tensas e instáveis apresentaram-se predominantemente horizontais, enquanto que as vozes soprosas encontraram-se distribuídas de modo igualitário nas formas horizontal e circular (Tabela 4). Neste ponto, deve-se retomar que o eixo vertical do DDF corresponde ao componente de ruído, e o eixo horizontal relaciona-se ao componente de irregularidade.

Dessa forma, espera-se que as vozes com maior componente de aperiodicidade (rugosidade e instabilidade) tendam a apresentar formato horizontal, enquanto que as vozes soprosas apresentem maior componente de ruído aditivo. Na pesquisa com vozes de adultos, não houve relação significativa entre a forma e o tipo de voz predominante ¹⁶.

No teste χ^2 comparando-se os tipos de vozes dois a dois, observaram-se diferenças entre as vozes rugosas e tensas, soprosas e tensas e tensas e instáveis, quanto à distribuição nos quadrantes do DDF (Tabela 5). Dessa forma, percebe-se que a voz tensa foi a única que se diferenciou das demais, o que pode ser justificado pelo mecanismo fisiológico subjacente, onde há maior pressão subglótica, maior compressão mediana entre as pregas vocais e menor componente de ruído e aperiodicidade nesse tipo de voz, comparando-se com as vozes soprosas e rugosas.

Em um estudo ²⁸ realizado com o objetivo de avaliar a eficácia da terapia vocal em crianças com disfonia funcional, foi encontrado que, em termos de avaliação perceptivo-auditiva, houve maior mudança no grau geral, rugosidade e sopro, com menor modificação nos parâmetros de tensão e instabilidade. Tal fato pode colocar ainda mais em evidência que os parâmetros de tensão e instabilidade são mais comuns no padrão infantil de fonação e que nem sempre são marcadores da presença de alteração vocal ou tecidual na laringe.

A instabilidade pode ser reflexo da condição neuromuscular rudimentar da laringe infantil,

que passa por diversas modificações até à fase adulta, comprometendo, assim, a regularidade do sinal vocal ²⁸. Já a tensão fonatória presente na emissão vocal infantil pode refletir o esforço para projetar a voz, considerando que as cavidades de ressonância ainda estão em desenvolvimento, e que, na infância o aumento da intensidade está relacionado, predominantemente, a um aumento na pressão subglótica e consequente sobrecarga do aparato laríngeo ²⁹.

Dessa forma, na avaliação de vozes infantis, o DDF parece ser um bom instrumento para monitorar a função vocal da criança ao longo do seu desenvolvimento ou na terapia vocal, principalmente pelo fato de ter sensibilidade à presença de rugosidade e sopro na emissão vocal infantil.

Ao considerar a natureza multidimensional da voz, são necessárias diferentes mensurações da voz para descrever a alteração vocal. No entanto, a avaliação instrumental ainda é complementar, devendo-se privilegiar uma abordagem mais abrangente na avaliação da intensidade do desvio vocal e da qualidade vocal predominante ¹³.

■ CONCLUSÕES

O diagrama de desvio fonatório foi capaz de diferenciar a qualidade vocal predominante por meio da distribuição nos quadrantes, embora não tenha demonstrado capacidade de discriminar as vozes infantis saudáveis e alteradas.

ABSTRACT

Purpose: to analyze the discriminatory power of the phonatory deviation diagram in assessing the predominant voice and intensity of vocal disorders in children. **Methods:** sustained vowel /ε/ recordings were obtained from 93 children. The intensity of vocal deviation and quality were analyzed using a visual analog scale. Diagram was used for acoustic analysis, combined with the evaluation of vocal signs distribution according to area, quadrant, form, and density. We carried out the proportions equality test and the chi-square test (χ^2) to compare the variables, and the Spearman correlation test to correlate the acoustic and auditory perception measures. **Results:** a correlation between quadrant classification and vocal deviation intensity was observed for all parameters analyzed. Differences statistically significant were detected among children with roughness, breathiness, strain, and instability, with regard to area, quadrant, and form. When considering the distribution of voices in the quadrants, no difference statistically significant was observed between the children with and without vocal deviation and voice quality for any parameter analyzed. **Conclusion:** phonatory deviation diagram was able to differentiate predominant vocal quality through quadrant distribution, although it did not discriminate between the healthy and altered voices of children.

KEYWORDS: Voice Quality; Acoustic; Dysphonia; Voice Disorders; Child

■ REFERÊNCIAS

1. Lopes LW, Lima ILB, Almeida LNA, Cavalcante DP, Almeida AAF. Severity of voice disorders in children: correlations between perceptual and acoustic data. *J Voice*. 2012;26:819.e7- e12.
2. McAllister AM, Granqvist S, Sjölander P, Sundberg J. Child voice and noise: a pilot study of noise in day cares and the effects on 10 children's voice quality according to perceptual evaluation. *J Voice*. 2009;23:587-93.
3. Tavares ELM, Brasolotto A, Santana MF, Padovan CA, Martins RHG. Epidemiological study of dysphonia in 4-12 year-old children. *Braz J Otorhinolaryngol*. 2011;77:736-46.
4. Tavares ELM, Labio RB, Martins RHG. Normative study of vocal acoustic parameters from children from 4 to 12 years of age without vocal symptoms: a pilot study. *Braz j Otorhinolaryngol*. 2010;76:485-90.
5. Carding P, Roulstone S, Northstone K, ALSPAC Study team. The prevalence of childhood dysphonia: a cross-sectional study. *J Voice*. 2006;20:623-30.
6. Sederholm E, McAllister A, Dalkvist J, Sundberg J. Aetiologic factors associated with hoarseness in ten-year-old children. *Folia Phoniatr Logop*. 1995;47:262-78.
7. 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;258:77-82.
8. Nayak J, Bhat PS, Acharya R, Aithal UV. Classification and analysis of speech abnormalities. *ITBM-RBM*. 2005;26:319-27.
9. Uloza V, Verikas A, Bacauskiene M, Gelzinis A, Pribisiene R, Kasetta M et al. Categorizing normal and pathological voices: automated and perceptual categorization. *J Voice*. 2010;25:700-8.
10. Fröhlich M, Michaelis D, Strube HW, Kruse E. Acoustic voice analysis by means of the hoarseness. *J Speech Lang Hear Res*. 2000;43:706-20.
11. Godino-Llorente JI, Osma-Ruiz V, Sáenz-Lechón N, Vilda-Gómez P, Blanco-Velasco M, Cruz-Roldán F. The effectiveness of the glottal to noise excitation ratio for the screening of voice disorders. *J Voice*. 2010;24:47-56.
12. Michaelis D, Fröhlich M, Strube HW. Selection and combination of acoustic features for the description of pathologic voices. *J Acoustic Soc Am*. 1998;103:1628-40.
13. Brockmann-Bausser M, Drinnan MJ. Routine acoustic voice analysis: time to think again? *Curr Opin Otolaryngol Head Neck Surg*. 2011;19:165-70.
14. Ma EPM, Yu EML. Multiparametric evaluation of dysphonic severity. *J Voice*. 2006;20:380-90.
15. Shrivastav R, Sapienza CM, Nandur V. Application of psychometry theory to the measurement of voice quality using rating scales. *J Speech Lang Hear Res*. 2005;48:323-35.
16. Madazio G, Leão S, Behlau M. The Phonatory Deviation Diagram: A Novel Objective Measurement of Vocal Function. *Folia Phoniatr Logop*. 2011;63:305-11.
17. Olthoff A, Mrugalla S, Laskawi R, Fröhlich M, Stuermer I, Kruse E et al. Assessment of irregular voices after total and laser surgical partial laryngectomy. *Arch Otolaryngol Head Neck Surg*. 2003;129:994-9.
18. Yamasaki R, Leão S, Madazio G, Padovani M, Azevedo R, Behlau M. Correspondência entre escala analógico visual e a escala numérica na avaliação perceptivo-auditiva de vozes. *Anais do 16th Congresso Brasileiro de Fonoaudiologia; 2008 Sept 24-27; Campos do Jordão, Brasil. São Paulo: Sociedade Brasileira de Fonoaudiologia; 2008. P.1080-4.*
19. Niedzielska G. Acoustic analysis in the diagnosis of voice disorders in children. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol*. 2001;57:189-93.
20. Martins RHG, Ribeiro CBH, Mello BMZF, Branco A, Tavares EL. Dysphonia in children. *J Voice*. 2012;26:674.e17- e20.
21. Maturo S, Hill C, Bunting G, Ballif C, Maurer R, Hartnick C. Establishment of a normative pediatric acoustic database. *Arch Otolaryngol Head Neck Surg*. 2012;17:e1-e6.
22. Connor NP, Cohen SB, Theis SM, Thibeault SL, Heatley DG, Bless DM. Attitudes of children with dysphonia. *J Voice*. 2008;22:197-209.
23. Costa WCA. Análise dinâmica não linear de sinais de voz para detecção de patologias laringeas [Tese]. Campina Grande: Universidade Federal de Campina Grande; 2012.
24. Araújo AS, Grellet M, Pereira JC. Standardization of acoustic measures of the normal voice. *Braz j Otorhinolaryngol*. 2002;68:540-4.
25. Sader RCM, Hanayama EM. Considerações Teóricas Sobre a Abordagem Acústica da Voz Infantil. *Rev CEFAC*. 2004;6(3): 312-8.
26. Jotz GP, Cervantes O, Settani FAP, Angelis EC. Acoustic measures for the detection of hoarseness in children. *Int Arch Otorhinolaryngol*. 2006;10:14-20.
27. Takeshita TK, Ricz LA, Isaac ML, Ricz H, Lima WA. Comportamento vocal de crianças em idade pré-escolar. *Intl Arch Otorhinolaryngol*. 2009;3:252-8.

28. Trani M, Ghidini A, Bergamini G, Presuti L. Voice therapy in pediatric functional dysphonia: a prospective study. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol.* 2007;71:379-84.
29. Van Houte E, Van Lierde K, Claeys S. Pathophysiology and treatment of muscle tension dysphonia: a review of the current knowledge. *J Voice.* 2011;25:202-7.

<http://dx.doi.org/10.1590/1982-0216201517415514>

Recebido em: 09/09/2014

Aceito em: 22/12/2014

Endereço para correspondência:
Leonardo Wanderley Lopes
Departamento de Fonoaudiologia,
Centro de Ciências da Saúde
Cidade Universitária – Campus I,
Bairro Castelo Branco
João Pessoa – PB – Brasil
CEP: 58051-900
E-mail: lwlopes@hotmail.com