

Relatos de casos

Impacto do sistema de campo livre dinâmico na voz do professor: estudo de caso

Dynamic soundfield system impact on the teacher's voice: case report

Aline Duarte da Cruz⁽¹⁾

Kelly Cristina Alves Silvério⁽¹⁾

Vanessa Veis Ribeiro⁽¹⁾

Regina Tangerino de Souza Jacob⁽¹⁾

⁽¹⁾ Faculdade de Odontologia de Bauru, Universidade de São Paulo, FOB/USP, Bauru, SP, Brasil.

Fontes de auxílio à pesquisa: FAPESP (2012/08053-3 e 2012/07796-2)

Conflito de interesses: inexistente

Recebido em: 01/10/2015
Aceito em: 15/03/2016

Endereço para correspondência:

Aline Duarte da Cruz
Faculdade de Odontologia de Bauru/
Universidade de São Paulo
Alameda Octávio Pinheiro Brisolla, 9-75
Vila Nova Cidade Universitária, Bauru – SP
CEP: 17012-901
E-mail: aline.d.cruz@hotmail.com

RESUMO

Este estudo teve como tema avaliar o efeito do sistema de campo livre dinâmico, em um período do dia, nos sintomas vocais e na qualidade vocal de uma professora em sala de aula. Relato de caso clínico de uma professora de 44 anos, que atuava na função há 23 anos, e lecionava na mesma sala no período matutino e vespertino. A professora utilizou um sistema de amplificação em campo livre dinâmico durante um dos períodos do dia por aproximadamente três meses. Foi realizada avaliação diária da ocorrência dos sintomas no trato vocal, e da intensidade deles antes e após a aula; análise perceptivo-auditiva e acústica da voz antes e após o período de observação, e aplicação de um questionário de auto percepção sobre o uso do sistema de campo livre dinâmico, ao final do período de observação. Os dados foram analisados descritivamente e por meio do teste de Wilcoxon ($p=0,05$). Observou-se diminuição da intensidade do sintoma “secura” ao final da aula, e menor ocorrência de sintomas vocais com a utilização do sistema de campo livre dinâmico, além de melhora em parâmetros perceptivo-auditivos e acústicos da voz após o período de observação, e do relato de pontos positivos pela professora quanto ao uso de sistema de campo livre dinâmico. No caso estudado, o uso do sistema de campo livre dinâmico, em um dos períodos do dia, foi efetivo na diminuição dos sintomas e na melhora na qualidade vocal perceptivo-auditiva e acústica.

Descritores: Amplificadores Eletrônicos; Razão Sinal-Ruído; Saúde do Trabalhador; Tecnologia Educacional; Voz

ABSTRACT

The theme of this study was to evaluate the effect of the dynamic soundfield system in one period of the day, the teacher's vocal symptoms and voice quality in the classroom. A case relate of a teacher of 44 years who served in the role for 23 years, and taught in the same room in the morning and afternoon. The teacher used the dynamic soundfield system during one of the periods of the day for about three months. Daily evaluation was carried out of the occurrence of symptoms in the vocal tract, and their intensity before and after school; perceptual and acoustic analysis of voice before and after the observation period, and applying a self-perception questionnaire about the use of dynamic open field system, the end of the observation period. The data were analyzed descriptive and by the Wilcoxon test ($p=0.05$). There was a decrease in the intensity of the symptom “dryness” to the end of class, and lower incidence of vocal symptoms with the use of dynamic soundfield system, as well as improvement in perceptual and acoustic parameters of the voice after a period of observation and reporting of positives by the teacher on the use of dynamic soundfield system. In the case study, the use of dynamic soundfield system, one of the periods of the day, was effective in reducing symptoms and improvement in perceptual voice quality and acoustics.

Keywords: Amplifiers, Electronic; Signal-To-Noise Ration; Occupational Health; Educational Technology; Voice

INTRODUÇÃO

O ruído é definido como sendo um som indesejável, sendo considerado como um dos mais importantes fatores de risco para as alterações vocais do professor¹⁻³.

A *American National Standard Institute/Acoustical Society of American (ANSI/ASA)* por meio da S12.60⁴ estabelecem 35dB e 0,6 segundos como nível ruído e tempo de reverberação máximos desejáveis em sala de aula. Já a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) por meio da NBR 10.152 recomenda 40dB como maior nível sonoro para conforto e 50dB como maior valor aceitável para os ambientes escolares, porém, não há uma normalização brasileira específica do tempo de reverberação adequado⁵.

A literatura nacional mostra que a maioria das salas de aula não alcança os padrões recomendados pela NBR 10.152 de 1987^{2,3,5,6} quanto à qualidade acústica, havendo variação de 45 a 102dB^{1-3,6} na mensuração do ruído nesses locais. A maioria dos professores exposta ao ruído apresenta queixas vocais, observando-se correlação entre o aumento do ruído ambiental e da intensidade vocal dos professores^{3,7}. Esse aumento da *loudness* pode ser uma estratégia utilizada pelos professores, que não tem o devido conhecimento sobre saúde vocal e preparo da voz, a fim de serem ouvidos e compreendidos pelos alunos na presença do ruído^{8,9}. Além da presença de ruído, os professores enfrentam outras condições de trabalho inadequadas que podem levá-lo ao adoecimento, até o afastamento definitivo do trabalho, causando o absentismo e tornando-os profissionais da voz de maior risco de distúrbios vocais^{1,10,11}.

Para a escola, manter a saúde vocal do professor significa manter a qualidade de seu ensino e reduzir custos com substituições, readaptações funcionais e tratamentos. Assim, é importante reduzir de alguma forma, as condições ambientais inadequadas, como o ruído na escola^{12,13}, seja melhorando a acústica das salas de aula e/ou utilizando instrumentos que possam facilitar a projeção vocal do professor no ambiente, como o sistema de amplificação sonora nas salas de aula.

O sistema de amplificação sonora é categorizado como um Sistema de Distribuição de Som em Sala de Aula (*Classroom Audio Distribution System*), conforme normatizado pela ASA/ANSI S12.60⁴.

Recentemente, foi desenvolvida uma nova tecnologia de sistema de amplificação sonora em campo livre denominada *Dynamic SoundField System* que possui

um modo de transmissão sonora digital denominado *Digital Modulation (DM)*. Esse sistema oferece uma melhor qualidade na percepção do som, e tem como principais características a capacidade de realizar mudanças automáticas na frequência e intensidade do som, buscando fornecer automaticamente uma relação sinal/ruído (S/R) adequada e adaptar o nível de ganho da intensidade da voz do locutor, além de eliminar possíveis interferências causadas por redes *wi-fi* ou *bluetooth*¹⁴. Ele amplifica o som de forma uniforme para toda a sala de aula, na mesma intensidade, sem microfonia ou reverberação¹⁴, diferenciando-se assim do sistema de amplificação sonora em campo livre tradicional, que apenas amplifica o som¹⁴ e pode sofrer interferência de fatores externos como distância da fonte sonora, ruído e eco¹⁴.

Estudos sobre o impacto do uso do sistema de amplificação em campo livre dinâmico em sala de aula na voz do professor são escassos¹⁵.

Desta forma, o objetivo deste estudo de caso foi avaliar o efeito do sistema de campo livre dinâmico, em um período do dia, nos sintomas vocais e na qualidade vocal de uma professora em sala de aula.

APRESENTAÇÃO DO CASO

O presente estudo de caso foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Faculdade de Odontologia de Bauru da Universidade de São Paulo (FOB/USP) sob protocolo nº 90.685/2012. O sujeito participante assinou o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido após concordar com os propósitos do estudo, garantindo-se o direito ao anonimato e a liberdade de retirar seu consentimento a qualquer momento, caso julgasse necessário.

Amostragem

Constituíram-se como critérios de inclusão na pesquisa: professores; faixa etária até 45 anos; lecionar na mesma sala de aula em período matutino e vespertino, a fim de minimizar as variáveis envolvendo as características acústicas e estruturais. Respeitando-se esses critérios, a seleção amostral do presente estudo de caso foi de conveniência, selecionando-se um professor que atuava em uma sala de aula de uma escola particular na cidade de Bauru, interior do estado de São Paulo. O período de coleta de dados foi de março a junho de 2013.

Sendo assim, participou do presente estudo de caso uma professora, do sexo feminino, 44 anos,

graduada em Pedagogia, que atuava como professora há 23 anos, e lecionava em uma mesma sala para o terceiro ano do ensino fundamental no período matutino e vespertino.

Características da sala de aula

Foi realizada a mensuração dos níveis de ruído interno por meio do aplicativo AudioTools – SPL Meter, disponível para sistemas iOS (iPad). A avaliação foi realizada em três posições na frente, meio e fundo da sala de aula, durante cinco minutos em cada uma. Os valores mínimos e máximos registrados na sala de aula nos dois períodos foram: matutino entre 55 e 82 dB e vespertino entre 56 e 85 dB.

As medidas da sala foram 3,20mx8,00mx6,50m e o tempo de reverberação (TR) foi calculado por meio do programa “Cálculo do Tempo de Reverberação (T60) de um ambiente”¹⁶. As medidas foram calculadas com base em um escritório, por ser a opção mais semelhante a uma sala de aula, sem tratamento acústico, resultando em um TR de 0.8 segundos.

Na sala de aula do terceiro ano do ensino fundamental, em que a professora atuava, estavam matriculados regularmente 18 alunos no período matutino e 19 alunos no período vespertino. No período matutino havia um aluno com deficiência auditiva diagnosticada, no período vespertino não havia portadores de necessidades especiais.

O ambiente físico da sala de aula era composto por uma lousa a giz na parte anterior da sala; e ao lado esquerdo da lousa havia a carteira do professor, posicionada em direção à sala. As carteiras dos alunos estavam posicionadas em quatro fileiras uma atrás da outra, voltadas para a lousa. A sala continha um ar condicionado que ficava ligado durante o período de aula, mantendo uma temperatura ambiente, e a luminosidade da sala era adequada. Além disso, do lado de fora da sala havia uma quadra esportiva.

Procedimentos

Uso do sistema de campo livre dinâmico

Neste estudo foi instalado na sala de aula o sistema de campo livre dinâmico, modelo DigiMaster 5000 (DM) da Phonak¹⁴, composto por um alto-falante portátil (disponível com suporte de chão ou parede), um transmissor Inspiro (tecnologia dinâmica) e microfone. A professora foi exposta ao sistema DigiMaster 5000 e utilizou o transmissor Inspiro por três meses consecutivos.



Fonte: Phonak. Disponível em: <http://www.phonak.com/com/b2c/en/products/more_products/soundfield/dynamic_soundfield.html>. Acesso em: 26 mar 2012.

Figura 1. Sistema de campo livre dinâmico - DigiMaster 5000

Os períodos letivos foram divididos em dois (matutino e vespertino), buscando-se, assim, verificar se o uso do sistema de campo livre dinâmico, em apenas um período, seria suficiente para auxiliar no desempenho vocal do professor. Para seleção de qual período seria instalado o sistema em sala de aula, foram levados em consideração dois fatores: um deles foi que no período matutino espera-se que o professor ainda não apresente desgaste vocal, o que torna o turno matutino melhor para evidenciar os possíveis benefícios do sistema de campo livre dinâmico na qualidade vocal do professor. Além disso, levou-se em consideração a presença de um aluno com deficiência auditiva no período matutino, visto que esse aluno apresentava necessidade auditiva especial, demandando, muitas vezes, de uma intensidade vocal maior e de um posicionamento restrito do professor em sala de aula, buscando-se facilitar a escuta e compreensão da mensagem falada por parte desse aluno¹⁷. Sendo assim, no período matutino a professora utilizou o sistema de campo livre dinâmico em sala de aula, e no período vespertino a rotina de aulas foi normal, sem a utilização do mesmo.

Autoavaliação dos sintomas vocais e laríngeos

Para analisar a ocorrência e a intensidade dos sintomas vocais e laríngeos foi utilizada uma ficha elaborada pelos autores. Essa ficha era composta por uma escala visual analógica de dez centímetros e por um espaço em branco, acima da escala, em que a professora deveria assinalar se possuía sintomas vocais ou não, considerando o momento atual. Caso apresentasse algum sintoma, ela deveria escolher um ou mais, entre os sintomas citados no cabeçalho (rouquidão, voz falhando, voz cheia de ar, falta de ar, voz fraca, dor ao falar, esforço ao falar, cansaço ao falar, queimação na garganta, aperto na garganta, secura na garganta, garganta dolorida, coceira na garganta, garganta irritada, bolo na garganta e secreção na garganta). A professora foi orientada a analisar a intensidade dos sintomas percebidos no momento de avaliação e a marcar na escala sua intensidade. A margem extrema esquerda era equivalente a nenhuma intensidade do sintoma e à direita à pior intensidade possível.

A professora relatou os sintomas diariamente, no início e final da manhã e no início e final da tarde, durante os três meses de observação. Assim, foi possível verificar os sintomas com utilização do sistema de campo livre dinâmico (turno matutino), e sem o seu uso (turno vespertino). As escalas foram posteriormente mensuradas com uma régua para análise dos dados.

Autoavaliação do sistema de campo livre dinâmico

Buscando-se obter a opinião da professora sobre o uso do sistema de campo livre dinâmico e ambiente acústico da sala de aula, foi aplicado um questionário objetivo elaborado pelos autores, composto por duas colunas, uma referente ao período de uso do sistema DM (turno matutino) e a outra ao período sem uso do sistema DM (turno vespertino). Cada coluna continha oito questões sobre os temas: voz do professor, mobilidade em sala de aula, acústica do ambiente, comportamentos de atenção, distração e disciplina em sala de aula. Para cada pergunta o professor deveria assinalar a resposta que julgava mais adequada, em uma escala Likert de quatro níveis, em que o número um era equivalente à nunca, e o número quatro à sempre. Esse questionário foi aplicado após o término dos três meses de observação.

Avaliação da qualidade vocal

A avaliação da qualidade vocal da professora foi realizada por meio da avaliação perceptivo-auditiva e da análise acústica da voz. A gravação vocal foi realizada em dois momentos: antes e após o período de observação, havendo um intervalo de três meses entre as duas avaliações. Devido à impossibilidade de comparar a avaliação vocal entre os períodos com e sem a utilização do sistema de campo livre dinâmico, visto que a professora usou por meio período o sistema durante os dias de coleta, a presente avaliação leva em consideração todo o período. Sendo assim, buscou-se por meio da avaliação perceptivo-auditiva e da análise acústica verificar se houve mudança na qualidade vocal da professora entre o momento inicial (antes dos três meses), em que nunca havia usado o sistema de campo livre dinâmico, e o momento após o período de coleta (após os três meses), no qual a professora utilizou o sistema de campo livre dinâmico durante um turno do dia.

Para isso, foi realizada a gravação vocal das seguintes tarefas: emissão da vogal /a/ de forma sustentada, isolada e após inspiração profunda e contagem de números de um a 20, ambos em *pitch* e *loudness* habituais. As amostras foram gravadas em um ambiente acusticamente tratado, e captadas por microfone AKG modelo C 444 PP posicionado a quatro centímetros de distância da comissura labial, a 45 graus à frente da boca e gravadas em um sistema computadorizado composto por: computador *Intel Pentium* (R) 4, CPU 2.040 GHz e 256 MB de RAM, monitor *LG Flatron E7015 17"* e placa de som modelo *Audigy II*, marca *Creative*. As gravações foram realizadas pelo *software* de edição de áudio profissional *Sound Forge* 10.0, em taxa de amostragem de 44.100Hz, canal Mono em 16Bitz.

A análise perceptivo-auditiva foi realizada por meio da emissão sustentada da vogal /a/ e da fala encadeada (contagem de números). Para isso, as amostras da emissão sustentada da vogal /a/ e da fala encadeada (contagem de números) foram randomizadas e gravadas em DVD 52x, 7GB, com formato de áudio PCM 96KHz, 16bits, mono, convertidas para extensão *waveform*, sem identificação do sujeito e do momento da coleta (antes ou depois dos três meses de observação). Em seguida foram encaminhadas para análise perceptivo-auditiva da qualidade vocal por três juízes, fonoaudiólogos com experiência superior a cinco anos em análise de vozes, não-autoras do estudo, por meio do protocolo GRBASI¹⁸. Além disso, os juízes

passaram por treinamento prévio para calibração da avaliação. Os dados foram enviados aos juízes sem identificação do momento da coleta (antes ou depois dos três meses de observação). Eles foram orientados a analisar os parâmetros de grau geral da qualidade vocal (G), rugosidade (R), soprosidade (B), astenia (A), tensão (S), instabilidade (I), classificando-os de acordo com a intensidade do desvio, variando-se de zero a três, em que zero equivale a sem alteração e três equivale à alteração intensa. Considerando-se a subjetividade da análise perceptivo-auditiva, optou-se por considerar a moda entre os três juízes para cada parâmetro analisado, tanto na emissão sustentada da vogal /a/, como para a fala encadeada (contagem de números).

A análise acústica foi realizada com base nas duas amostras da emissão sustentada da vogal /a/. Para isso, as amostras foram previamente editadas por meio do *software Sound Forge 10.0®*, descartando-se o início e o final da emissão, a fim de eliminar os principais trechos de instabilidade vocal. Em seguida as amostras foram analisadas utilizando-se o programa computadorizado *Multi-Dimension Voice Program Advanced Model 5105 da Kay Pentax®*. Os parâmetros

analisados foram: frequência fundamental (f_0), *jitter*, *shimmer* e proporção harmônico-ruído (HNR).

Análise dos dados

Os dados referentes à frequência de ocorrência dos sintomas vocais e laríngeos nos turnos com e sem a utilização do sistema de campo livre dinâmico, e os dados das avaliações perceptivo-auditiva e acústica da voz antes e após o período de três meses, foram analisados descritivamente. Para a comparação da intensidade de sintomas no trato vocal, relatados pela professora, antes e após o período de três meses, com e sem a utilização do sistema de campo livre dinâmico em sala de aula, foi utilizado o teste Wilcoxon, considerando-se um nível de significância de 5%.

RESULTADOS

A Tabela 1 mostra a comparação da frequência de ocorrência mensal dos sintomas no trato vocal nos turnos com e sem a utilização do sistema de campo livre dinâmico, verificados a partir de um total de três meses de observação em sala de aula.

Tabela 1. Frequência de ocorrência mensal de sintomas no trato vocal da professora, com e sem a utilização do sistema de campo livre dinâmico em sala de aula

Mês	Dias de observação	Com DM	Sem DM
	n	n (%)	n (%)
Março	3	0 (0,00%)	1 (33,30%)
Abril	21	7 (33,00%)	13 (61,00%)
Mai	21	15 (71,42%)	16 (76,19%)
Junho	20	7 (35,00%)	14 (70,00%)
Total	65	29 (44,61%)	44 (67,69%)

*Análise descritiva

Legenda: n=número; %=porcentagem de ocorrência; DM = sistema de campo livre dinâmico

Quanto à intensidade dos sintomas do trato vocal relatados pela professora, observou-se aumento significativo da intensidade do sintoma “garganta irritada” no final da aula, tanto com uso do sistema de campo livre dinâmico, como sem a sua utilização. Além disso, houve aumento significativo da intensidade do sintoma “secura” ao final da aula, sem a utilização do sistema em sala de aula (Tabela 2).

A análise perceptivo-auditiva mostrou melhora no grau da rugosidade na emissão sustentada da vogal /a/ e melhora no grau geral da qualidade vocal, no grau da rugosidade e soprosidade na contagem de números, após o período de três meses analisado (Tabela 3).

A análise acústica mostrou redução da f_0 e de *jitter* e aumento de *shimmer* e de NHR após o período analisado (Tabela 4).

Tabela 2. Comparação da intensidade de sintomas no trato vocal, relatados pela professora, antes e após a aula, com e sem a utilização do sistema de campo livre dinâmico em sala de aula

Sintomas	Com DM			Sem DM		
	Antes da Aula	Depois da aula	p	Antes da Aula	Depois da aula	p
	média (DP)	média (DP)		média (DP)	Média (DP)	
Garganta irritada	1,80 ($\pm 3,06$)	2,81 ($\pm 3,97$)	0,002*	3,68 ($\pm 4,94$)	7,12 ($\pm 6,59$)	<0,001*
Secura	0,52 ($\pm 1,91$)	0,89 ($\pm 2,59$)	0,051	0,77 ($\pm 3,13$)	2,28 ($\pm 5,16$)	0,002*
Garganta dolorida	-	-	1,000	-	0,41 ($\pm 2,39$)	1,000
Coceira na garganta	-	0,09 ($\pm 0,74$)	1,000	-	0,12 ($\pm 0,99$)	1,000

*Valores estatisticamente significantes ($p \leq 0,05$) – Teste de Wilcoxon
 Legenda: DP = desvio-padrão; DM = sistema de campo livre dinâmico

Tabela 3. Análise perceptivo-auditiva da voz da professora antes e após o período de observação

Parâmetros	Vogal /a/ sustentada		Contagem de números	
	Antes	Após	Antes	Após
	Grau de desvio	Grau de desvio	Grau de desvio	Grau de desvio
Grau geral da qualidade vocal	1	1	2	1
Rugosidade	1	0	2	1
Soprosidade	1	1	1	0
Astenia	0	0	0	0
Tensão	0	0	0	0
Instabilidade	0	0	0	0

*Análise descritiva
 Legenda: 0 = nenhum desvio; 1 = desvio leve; 2 = desvio moderado; 3 = desvio intenso

Tabela 4. Avaliação acústica da voz da professora antes e após o período de observação

Parâmetros acústicos	Antes	Após
f0	184.637Hz	183.147Hz
Jitter	2.603%	2.199%
Shimmer	1.905%	2.517%
HNR	0.086	0.091

Análise descritiva
 Legenda: f0 = frequência fundamental; HNR = proporção harmônico-ruído

A Figura 2 mostra que com o uso do sistema de campo livre dinâmico a professora relatou diminuição na frequência da necessidade de repetição de informações aos alunos, diminuição na frequência do cansaço ao falar e do esforço vocal. A professora também relatou melhora na frequência quanto ao silêncio dos alunos ao falar.

DISCUSSÃO

Estudos apontam que os níveis de ruído encontrados em salas de aula ultrapassam os valores recomendados pela NBR 10.152 de 1987⁵. O ruído em salas de aula afeta a saúde do professor, contribuindo

para o aparecimento da disfonia ocupacional^{1-3,6}. Nesse sentido, o presente estudo apresenta dados preliminares que buscam instigar a discussão sobre uma tecnologia ainda pouco explorada que é o sistema de amplificação em campo livre dinâmico, a qual fornece uma melhor relação sinal/ruído em sala de aula, auxiliando assim uma melhor compreensão da voz do professor pelos alunos e auxilia na diminuição do esforço vocal, trazendo benefícios para saúde vocal do professor. A literatura internacional também destaca a possibilidade de o sistema de campo livre dinâmico ser utilizada concomitantemente com a terapia durante

Questões	Sem DM	Com DM
1. Minha sala é barulhenta	2	2
2. Preciso repetir informações/instruções	3	2
3. Sinto cansaço ao falar	3	2
4. Faço esforço vocal	3	1
5. Consigo me movimentar em sala de aula com facilidade	4	4
6. Os alunos apresentam indisciplina em sala de aula	2	2
7. Quando eu falo os alunos ficam em silêncio	3	4
8. Os alunos ficam atentos à minha explicação em sala de aula	3	3

Legenda: DM = sistema de campo livre dinâmico; 1 = nunca; 2 = às vezes; 3 = quase sempre; 4 = sempre

Figura 2. Resultados do questionário sobre a experiência da professora com o sistema de campo livre dinâmico

o processo de intervenção e tratamento da disfonia em professores¹⁹.

Com relação à frequência de ocorrência mensal dos sintomas no trato vocal analisada diariamente, observou-se maior ocorrência de sintomas vocais no período sem uso do sistema de campo livre dinâmico. Observou-se que durante 29 dias (44,61% de 65 dias) com uso do sistema em sala de aula, a professora relatou a ocorrência de algum sintoma no trato vocal, e sem uso do sistema em sala de aula foram 44 dias (67,69% de 65 dias) em que a mesma professora apresentou sintomas vocais (Tabela 1). Tais achados mostram que, com o uso do sistema de campo livre dinâmico, a frequência em que os sintomas vocais ocorrem é menor, sugerindo que o sistema de campo livre dinâmico foi efetivo na diminuição do aparecimento dos sintomas no trato vocal. Porém, não é possível afirmar que o uso do sistema de campo livre dinâmico tenha diminuído a ocorrência dos sintomas vocais e laringeos, pelo desenho metodológico do presente estudo. A avaliação do turno sem a utilização do sistema (turno vespertino) ocorreu após quatro horas de aulas dadas no turno matutino, o que pode ter interferido na condição vocal da professora, devido ao desgaste vocal natural decorrente da demanda de voz.

Estudo¹⁵ investigou os benefícios do sistema de campo livre dinâmico para 18 professores de uma escola primária que utilizaram o sistema de campo livre dinâmico - DigiMaster 5000 da Phonak durante um período de dois meses. Antes da utilização foi realizado um treinamento de 30 minutos com instruções de utilização do equipamento, e após os dois meses os professores responderam a um questionário composto por nove perguntas sobre o que mudou com a utilização quanto aos alunos, a eles mesmos,

e a sala de aula. Para a maioria dos professores: em relação aos alunos o desempenho dos estudantes melhorou, o comportamento de dispersão diminuiu e a cooperação em sala de aula aumentou; quanto a eles, houve diminuição na fadiga e do esforço vocal, gerados pela menor necessidade de repetir as informações. A maioria dos professores achou a sala de aula menos ruidosa e avaliou o equipamento como efetivo para o uso em sala de aula. O estudo concluiu que o equipamento se mostrou efetivo para os alunos e professores, assim como para melhora da acústica da sala de aula¹⁵, reforçando os benefícios do dispositivo para a saúde vocal do professor e corroborando com os achados do presente estudo. Além disso, tais dados são semelhantes aos relatados pela professora na presente pesquisa (Figura 2), visto que ela referiu que com o uso do sistema de campo livre dinâmico houve diminuição da necessidade de repetir instruções verbais, bem como do cansaço e esforço ao falar.

Quanto à intensidade dos sintomas do trato vocal relatados diariamente pela professora durante o período de três meses, observou-se aumento significativo da intensidade média do sintoma de “garganta irritada” nos dois períodos, com e sem a utilização do sistema de campo livre dinâmico, e aumento da ocorrência do sintoma de “secura” no período sem a utilização do sistema (Tabela 2). Destaca-se que foram analisados apenas os quatro sintomas relatados pela professora nas avaliações diárias da intensidade dos sintomas apresentados no trato vocal. Esses dados mostram que o sintoma de “garganta irritada” piorou independentemente do uso do sistema de campo livre dinâmico, não havendo relação da piora desse sintoma com a utilização ou não do sistema. Entretanto, pode estar relacionado a fatores ambientais agravantes a que a professora está exposta, como poeira, ruído,

ar-condicionado e a hidratação insuficiente, além de realização de abuso vocal^{20,21}.

A maior ocorrência do sintoma “secura na garganta”, no período em que a professora não utilizou o sistema de campo livre dinâmico, corrobora com outros estudos que mostram que o sintoma de “secura na garganta” é o sintoma mais relatado por professores brasileiros em outros estudos recentes^{22,23}, que o relacionam com as condições de trabalho desfavoráveis, como o ruído competitivo, o padrão acústico inapropriado das salas de aula, a tensão ao falar, o abuso vocal e falta de hidratação²². Além disso, estudos mostram que existe correlação diretamente proporcional entre aumento de intensidade média vocal e aumento do ruído em sala de aula^{3,7}. Acredita-se que a menor ocorrência do sintoma “secura na garganta” com a utilização do sistema de campo livre dinâmico possa ter ocorrido pela melhora nas condições acústicas, e pela redução do abuso vocal, visto que o sistema de campo livre dinâmico possibilita amplificar e distribuir o som de forma uniforme para toda a sala de aula, na mesma intensidade para todos os alunos, sem microfonia ou reverberação¹⁵, conseqüentemente não exige o aumento da intensidade vocal do professor para que sua voz alcance todos os alunos, estratégia comumente utilizada por professores^{7,8}. Esses dados são reforçados pelas características acústicas da sala de aula, onde a mensuração dos níveis de ruído variou de 55 a 85dB, ultrapassando os níveis de ruído recomendados pela NBR 10.152 de 1987⁵. Outras pesquisas que mensuraram níveis de ruídos em sala de aula também encontraram índices que ultrapassam os recomendados^{2,3,6}. Porém, destaca-se que o sintoma “secura na garganta” possa ter aumentado no turno vespertino por ser o segundo período do dia, já que a demanda vocal é bastante intensa em sala de aula e pode ter levado ao desgaste vocal natural, devido às quatro primeiras horas de aula no turno matutino.

Na análise perceptivo-auditiva observou-se melhora no grau da rugosidade na emissão da vogal sustentada, e melhora no grau geral da qualidade vocal, grau da rugosidade e da soproidade, na contagem de números, após o uso do sistema de campo livre dinâmico (Tabela 3). A rugosidade refere-se a uma qualidade vocal ruidosa que indica irregularidade de vibração das pregas vocais, independente da frequência de vibração do ruído, visto que contempla rouquidão e aspereza^{24,25}. A soproidade refere-se à presença de ar não-sonorizado pelas pregas vocais, audível na voz²⁴. A melhora desses

parâmetros em conjunto pode significar melhora na regularidade de coaptação das pregas vocais e no coeficiente de contato, diminuindo ruído e melhorando a qualidade vocal de uma forma geral, o que levou a melhora do grau geral da qualidade vocal, indicando que a melhora de abusos vocais e melhor controle da relação sinal/ruído em sala de aula, são capazes de melhorar a qualidade vocal do professor.

A análise acústica mostrou redução da frequência fundamental e de *jitter* e aumento de *shimmer* e da relação harmônico-ruído, após o uso do sistema em campo livre digital (Tabela 4). A literatura cita que há associação entre o aumento da pressão sonora e da frequência fundamental²⁶. A diminuição da *loudness* facilitada pelo uso do sistema de campo livre dinâmico que regula automaticamente a frequência e intensidade da informação para que ela chegue igualmente para os alunos em todos os locais da sala de aula¹⁴, pode ter facilitado a comunicação da professora, com diminuição da frequência fundamental, já que o esforço vocal pode ter sido diminuído, já que a redução da frequência fundamental sugere diminuição de tensão e da sobrecarga muscular na laringe^{7,24,25}. Nesse sentido, um estudo analisou a percepção de 12 professores, com experiência média de 13 anos em sala de aula, em relação às mudanças percebidas entre os períodos que lecionaram sem e com a utilização do sistema de amplificação em campo livre dinâmico, mostrou que 92% dos professores referiram como sendo o maior benefício do uso do sistema de campo livre, a diminuição da tensão vocal²⁷.

A medida de *jitter* refere-se à perturbação ciclo-a-ciclo de frequência, mostrando o quanto um determinado período de vibração glótica se diferencia do outro que o sucede²⁸. A redução da medida de *jitter* pode indicar maior regularidade de vibração da mucosa das pregas vocais, sendo coerente com a diminuição da presença de ruído na qualidade vocal^{25,28,29}. O aumento da relação harmônico-ruído, que corresponde a proporção de harmônicos versus a proporção de ruído na voz, significa a redução de uma forma geral do ruído presente na voz, incluindo variações de amplitude e frequência, ruído de turbulência, componentes sub-harmônicos e quebras da voz²⁸, corroborando com os demais achados da análise acústica. Sendo assim, observa-se que a análise acústica reforça os achados da análise perceptivo-auditiva da voz. Tais dados revelaram que houve melhora da qualidade da emissão, após a utilização do sistema de campo livre dinâmico. Por outro lado, a medida de *shimmer*

refere-se à perturbação ciclo-a-ciclo da medida de amplitude, e mostra o quanto a amplitude da onda sonora de um determinado período de vibração glótica se diferencia do outro que o sucede²⁸. O aumento na medida de *shimmer* pode indicar piora no coeficiente de contato das pregas vocais^{25,28,29}, o que pode estar ligado ao cansaço muscular e vocal da professora.

Estudo analisou a eficácia de dois programas de tratamento na voz de 44 professores disfônicos, que foram divididos aleatoriamente em três grupos: 15 professores utilizaram o sistema de amplificação em campo livre por meio do amplificador portátil ChatterVox; 15 professores participaram de um programa de higiene vocal e 14 participaram de um grupo controle sem tratamento. Antes e após um período de seis semanas de intervenção, os professores passaram por análise acústica e responderam ao questionário Índice de Desvantagem Vocal (IDV), uma escala de autopercepção do grau de severidade da disфония, e uma escala de análise das mudanças vocais e acústicas aplicada após o tratamento. Os resultados mostraram que apenas o grupo que utilizou amplificação obteve menores escores médios no IDV, diminuição da autopercepção do grau de severidade da disфония, e diminuição nas medidas acústicas de *jitter* e *shimmer*. O resultado do questionário aplicado pós-tratamento que verificou os benefícios percebidos após o tratamento mostrou que houve diferença significativa entre os grupos que utilizaram amplificação sonora e o grupo que recebeu orientações sobre saúde vocal, sendo que os indivíduos que utilizaram a amplificação relataram mais clareza na voz falada e cantada, maior facilidade na produção vocal e maior adaptação com o programa de tratamento. Os resultados corroboram com os achados acústicos da presente pesquisa, e reforçam a possibilidade de utilização da amplificação sonora como uma alternativa para o tratamento de disfonias em professores¹⁹.

De modo geral, a análise perceptivo-auditiva e acústica, e a frequência e intensidade de sintomas vocais reforçam a indicação do sistema de campo livre dinâmico para contribuir com a saúde vocal do professor^{12,13,19}.

As limitações do presente estudo foram quanto à restrição no número de sujeitos; a amostra por conveniência sendo a professora indicada pela escola por ser a única da instituição que ministrava aula nos turnos matutino e vespertino na mesma sala de aula; e análise de apenas um sujeito com e sem o sistema de campo livre dinâmico, simultaneamente, o que

pode ter inferido na análise do turno sem a utilização do sistema de campo livre dinâmico, que ocorreu após quatro horas de aulas dadas no turno matutino.

Os resultados do presente estudo devem ser considerados preliminares, porém, busca-se instigar a realização de mais pesquisas que analisem os benefícios do sistema de campo livre dinâmico na voz do professor a curto e longo prazo, com ampliação da casuística para salas de aula com diferentes características acústicas, amostras maiores de professores, diferentes níveis de escolaridade, redes de ensino e tempo de utilização do sistema de campo livre. Tais medidas, em estudos futuros, podem tornar-se um importante campo de investigação para novos estudos com o sistema de campo livre dinâmico em ambiente escolar.

Acredita-se que tais evidências, apesar de preliminares, sejam os primeiros passos para estudos futuros nessa área, visando futuramente contribuir com evidências científicas para o planejamento de políticas públicas que envolvam a voz do professor em ambiente educacional.

CONCLUSÃO

A partir do estudo de caso do impacto da utilização do sistema de campo livre dinâmico em salas de aulas, na voz e saúde vocal de um professor, foi possível concluir que, no caso analisado, o uso do sistema de campo livre dinâmico, em um dos períodos do dia, foi efetivo na melhora e diminuição do sintoma de “secura na garganta”, cansaço ao falar e esforço vocal, bem como melhora na qualidade vocal evidenciada pela diminuição da rugosidade e sopro, além de melhora de medidas acústicas de f_0 , *jitter* e NHR.

AGRADECIMENTOS

À FAPESP pelo apoio financeiro a esta pesquisa. Processos: 2012/08053-3 e 2012/07796-2.

REFERÊNCIAS

1. Batista JBV, Carlotto MS, Coutinho AS, Pereira DAM, Augusto LGS. O ambiente que adoce: condições ambientais de trabalho do professor do ensino fundamental. *Cad Saúde Colet.* 2010;18(2):234-42.
2. Almeida-Filho N, Filletti F, Guillaumon HR, Serafini F. Intensidade do ruído produzido em sala de aula e análise de emissões acústicas em escolares. *Arquivos Int Otorrinolaringol.* 2012;16(1):91-5.

3. Guidini RF, Bertoncetto F, Zanchetta S, Dragone MLS. Correlações entre ruído ambiental em sala de aula e voz do professor. *Rev Soc Bras Fonoaudiol*. 2012;17(4):398-404.
4. American National Standard Institute - ANSI S12.60.2010. Acoustical Performance Criteria, Design Requirements, and Guidelines for Schools, Part 1: Permanent Schools. 2010. Disponível em: <http://asa.aip.org>
5. Associação Brasileira de Normas Técnicas, ABNT. NBR 10152: Níveis de ruído para conforto acústico-procedimentos. Rio de Janeiro; 1987.
6. Campos NB, Delgado-Pinheiro ENCB. Análise do ruído e intervenção fonoaudiológica em ambiente escolar: rede privada e pública de ensino regular. *Rev CEFAC*. 2014;16(1):83-91.
7. Pizolato RA, Mialhe FL, Cortellazzi KL, Ambrosano GMB, Rehder MIBC, Pereira AC. Avaliação dos fatores de risco para distúrbios de voz em professores e análise acústica vocal como instrumento de avaliação epidemiológica. *Rev CEFAC*. 2013;15(4):957-66.
8. Musial PL, Dassie-Leite AP, Zaboroski AP, Casagrande RC. Interferência dos sintomas vocais na atuação profissional de professores. *Distúrb Comun*. 2011;23(3):335-41.
9. Souza CL, Carvalho FM, Araújo TM, Reis EJFB, Lima VMC, Porto LA. Fatores associados a patologias de pregas vocais em professores. *Rev Saúde Pública*. 2011;45(5):914-21.
10. Ribeiro VV, Cielo CA. Medidas vocais perceptivo-auditivas e acústicas, queixas vocais e características profissionais de professoras de Santa Maria (RS). *Audiol Commun Res*. 2014;19(4):387-98.
11. Jardim R, Barreto SM, Assunção AA. Condições de trabalho, qualidade de vida e disfonia entre docentes. *Cad Saúde Pública*. 2007;23(10):2439-61.
12. Bistafa SR, Bradley JS. Predicting speech metrics in a simulated classroom with varied sound absorption. *J Acoust Soc Am*. 2001;109(4):1474-82.
13. Bradley JS, Bistafa SR. Relating speech intelligibility to useful-to-detrimental sound ratios. *J Acoust Soc Am*. 2002;112(1):27-9.
14. Phonak. Dynamic Sound-field. Disponível em: http://www.phonak.com/com/b2c/en/products/more_products/soundfield/dynamic_soundfield.html.
15. Mülder HE. Dynamic sound field: teachers' ratings. *Field Study News*. 2011;1:1-4.
16. Fernandes JC. Cálculo do tempo de reverberação (T60) de um ambiente. Laboratório de Acústica e Vibrações. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", campus Bauru. Disponível em: http://www.feb.unesp.br/jcandido/acustica/Calculos/Tempo_de_reverb.htm
17. Brasil. Política Nacional de Educação Especial na Perspectiva da Educação Inclusiva. Brasília: MEC, SEESP; 2006.
18. Hirano M. Clinical examination of voice. New York: Springer; 1981.
19. Roy N, Weinrich B, Gray SD, Tanner K, Toledo SW, Dove H et al. Voice amplification versus vocal hygiene instruction for teachers with voice disorders. *J Speech Lang Hear Res*. 2002;45(1):625-38.
20. Souza LBR, Pernambuco LA, Lima CR, Santos MM. Desconforto no trato vocal em professores do ensino fundamental. *Rev Ciên Méd Biol*. 2015;14(1):36-41.
21. Rodrigues G, Zambon F, Mathieson L, Behlau M. Vocal Tract Discomfort in teachers: Its relationship to self-reported voice disorders. *J Voice*. 2013;27(4):473-80.
22. Anhaia TC, Klahr PS, Ourique AAB, Gadenz CD, Fernandes RA, Spagnol PE et al. Efeitos de duas intervenções em professores com queixas vocais. *Audiol Commun Res*. 2014;19(2):186-93.
23. Anhaia TC, Klahr PS, Cassol M. Associação entre o tempo de magistério e a autoavaliação vocal em professores universitários: estudo observacional transversal. *Rev CEFAC*. 2015;17(1):52-7.
24. Behlau M. Voz: o livro do especialista. 1ª. ed. Rio de Janeiro: Revinter; 2005.
25. Cielo CA, Ribeiro VV, Bastilha GR, Schilling NO. Qualidade de vida em voz, avaliação perceptivoauditiva e análise acústica da voz de professoras com queixas vocais. *Audiol Commun Res*. 2015;20(2):130-40.
26. Lindstrom F, Wayne KP, Sodersten M, McAllister A, Ternstrom S. Observations of the relationship between noise exposure and preschool teacher voice usage in day-care center environments. *J Voice*. 2011;25(2):166-72.
27. Massie R, Dillon H. The impact of sound-field amplification in mainstream cross-cultural classrooms: Part 2 Teacher and child opinions. *Aust J Educ*. 2006;50(1):78-94.

28. Barros APB, Carrara- de Angelis E. Análise acústica da voz. In: Dedivitis RA, Barros APB. Métodos de avaliação e diagnóstico de laringe e voz. São Paulo: Lovise; 2002.
29. Ferreira FV, Cielo CA, Trevisan ME. Medidas vocais acústicas na doença de Parkinson: estudo de casos. Rev CEFAC. 2010;12(5):889-98.