UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM DISTÚRBIOS DA COMUNICAÇÃO HUMANA

Carla Franco Hoffmann

CARACTERÍSTICAS VOCAIS ESPECTROGRÁFICAS DE CRIANÇAS SEM DISFONIA

Santa Maria, RS
2018

Carla Franco Hoffmann

CARACTERÍSTICAS VOCAIS ESPECTROGRÁFICAS DE CRIANÇAS SEM DISFONIA

Tese de doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Distúrbios da Comunicação Humana da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), como requisito parcial para a obtenção do título de **Doutor em Distúrbios da Comunicação Humana**.

Orientadora: Profª. Drª Carla Aparecida Cielo
Co-orientadora: Dr.ª Leila Susana Finger

Santa Maria, RS
2018

Carla Franco Hoffmann

CARACTERÍSTICAS VOCAIS ESPECTROGRÁFICAS DE CRIANÇAS SEM DISFONIA

Tese de doutorado apresentado ao Programa de Pós-Graduação em Distúrbios da Comunicação Humana da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), como requisito parcial para a obtenção do título de **Doutor em Distúrbios da Comunicação**.

Aprovado em:

_____
Carla Aparecida Cielo, Dr. (UFSM)
(Presidente/Orientador)

_____
Leila Susana Finger, Dr.
(Co-orientador)

_____
Márcia Keske-Soares, Dr. (UFSM)

_____
Anaelena Bragança de Moraes, Dr. (UFSM)

_____
Maria Rita Pimenta Rolim, Dr. (UFSC)

_____
Michelle Ferreira Guimarães, Dr. (UFES)

AGRADECIMENTO

Ao encerrar esse trabalho desejo expressar minha gratidão a todos que direta ou indiretamente me auxiliaram nesse ciclo.

Primeiramente a minha família pelo incentivo que tive para sempre estudar, minha mãe por ter passado valores de carinho, respeito e responsabilidade que permitiram transmitir para esse trabalho um pouco dessa criação. A minha irmã Celina pela contribuição na revisão do meu trabalho e por ter me ensinado a importância do companheirismo e cumplicidade que temos, a pequena Nati pelos momentos de luz e alegria que enriqueceram meus momentos de lazer.

Ao meu amado esposo, Luiz, que me acompanha desde meu trabalho de conclusão da graduação, mestrado e, agora, doutorado, pela leitura e revisão do trabalho, pelo incentivo, carinho e compreensão nos momentos que estive ausente.

A querida professora e amiga Carla Cielo por ter acreditado no nosso trabalho, pela disponibilidade e comprometimento só permitidos àqueles que amam o que fazem.

A Leila Susana Finger pelas contribuições na co-orientação desse trabalho

A todos membros da equipe do LabVoz pelo auxílio nos momentos que precisei e pude contar com o apoio de vocês.

A coordenação e equipe docente do Programa de Pós-Graduação em Distúrbios da Comunicação Humana por terem contribuído na minha formação acadêmica.

A banca de defesa pela disponibilidade e contribuições.

As minhas queridas colegas de trabalho (C-AME/Capsij) pelo incentivo e conversas, também pela compreensão nos momentos mais difíceis.

A prefeitura de Vera Cruz por ter entendido a importância desse trabalho e proporcionado a minha disponibilidade para conclusão dessa etapa.

A todos os pais que concordaram na participação dos seus filhos na pesquisa, bem como as crianças que foram essenciais nesse estudo.

RESUMO

CARACTERÍSTICAS VOCAIS ESPECTROGRÁFICAS DE CRIANÇAS SEM DISFONIA

AUTORA: Carla Franco Hoffmann
ORIENTADORA: Carla Aparecida Cielo
CO-ORIENTADORA: Leila Susana Finger

Objetivo: descrever os tempos máximos de fonação e as características vocais acústicas espectrográficas de crianças sem disfonia de 4:00 a 7:11 anos de idade e correlacioná-los com idade, estatura e sexo. **Métodos:** estudo transversal, quantitativo, retrospectivo em banco de dados. Coletados dados de estatura, sexo e idade de 299 crianças. Foram analisados os registros dos tempos máximos de fonação das vogais /a/, /i/, /u/ e das espectrografias vocais. **Resultados**: correlação positiva entre substituição de harmônico por ruído nas baixas frequências e tempo de /a/; correlação negativa entre intensidade do traçado do quarto formante e de todo o espectrograma e largura de banda do primeiro formante com o tempo de /u/; correlação positiva entre anti-ressonância logo após o primeiro formante e nas altas frequências com o tempo de /u/. Na espectrografia de banda estreita, intensidade, substituição de harmônico por ruído, definição e regularidade dos harmônicos teve média maior nas baixas frequências; a presença de ruído foi maior nas médias frequências; número de harmônicos e presença de sub-harmônicos maiores nas altas frequências. Na espectrografia banda larga, a intensidade foi maior no segundo formante; definição e largura foram maiores no primeiro formante; a regularidade nas baixas frequências e anti-ressonância foram maiores nas altas frequências. Não foram encontradas diferenças nas espectrografias de banda estreita e de banda larga conforme o sexo; a maioria das medidas de banda larga apresentaram correlação negativa com idade e estatura, correlação positiva entre substituição de harmônico por ruído nas baixas frequências e tempo de /a/, correlação negativa entre intensidade do quarto formante, em todo o espectrograma e largura do primeiro formante com o tempo de /u/, correlação positiva entre anti-ressonância logo após o primeiro formante e nas altas frequências com o tempo de /u/. **Conclusão**: os tempos máximos de fonação das crianças ficaram dentro dos valores da literatura e foram influenciados pela estatura e idade. A maioria dos aspectos espectrográficos avaliados foram classificados em grau leve. Características como rouquidão, nasalidade e soprosidade em grau leve são consideradas normais para crianças, como ocorreu neste estudo. O aumento do tempo da vogal /a/ mostrou maior presença de ruído e o aumento de /u/ mostrou aumento da anti-ressonância e menor intensidade da cor do traçado, evidenciando perda da qualidade vocal com o tempo de sustentação. As espectrografias de banda estreita e de banda larga não foram influenciadas pelo sexo, porém, as medidas de banda larga sofreram influência da estatura e da idade.

Palavras-chave: Acústica, Crianças, Disfonia, Fonação, Voz.

ABSTRACT

SPECTROGROGRAPHIC VOCAL CHARACTERISTICS OF CHILDREN WITHOUT DYSPHONIA

AUTORA: Carla Franco Hoffmann
ORIENTADORA: Carla Aparecida Cielo
CO-ORIENTADORA: Leila Susana Finger

Objective: to describe the maximum phonation times and the spectral acoustic vocal characteristics of children without dysphonia from 4:00 to 7:11 years of age and to correlate them with age, height and sex. Methods: transversal, quantitative, retrospective study in database. Data were collected on the height, sex and age of 299 children. The records of the maximum phonation times of the vowels / a /, / i /, / u / and of the vocal spectroscopy were analyzed. Results: positive correlation between harmonic replacement by noise at low frequencies and time of / a /; negative correlation between the intensity of the tracing of the fourth formant and the entire spectrogram and bandwidth of the first formant with the time of / u /; positive correlation between anti-resonance soon after the first formants and at high frequencies with time of / u /. In narrow band spectra, intensity, harmonic substitution by noise, definition and regularity of harmonics had a higher mean at low frequencies; the presence of noise was higher in the medium frequencies; number of harmonics and presence of higher sub-harmonics at high frequencies. In broad band spectra, the intensity was higher in the second formant; definition and width were greater in the first formant; regularity at low frequencies and anti-resonance were higher at high frequencies. No differences were found in narrowband and broadband spectra according to sex; most of the bandwidth measurements presented negative correlation with age and height, positive correlation between harmonic substitution by noise at low frequencies and time of / a /, negative correlation between intensity of the fourth formant throughout the spectrogram and width of the first formant with time of / u /, positive correlation between anti-resonance soon after the first formants and at high frequencies with time of / u /. Conclusion: the maximum phonation times of the children were within the values of the literature and were influenced by height and age. Most of the spectrographic aspects evaluated were classified in a mild degree. Characteristics such as hoarseness, nasality and breathiness in a mild degree are considered normal for children, as occurred in this study. The increase in vowel time / a / showed a higher presence of noise and the increase of / u / showed increase of anti-resonance and lower color intensity of the tracing, evidencing loss of vocal quality with the time of support. Broadband and broad band spectra were not influenced by sex, but broad band measurements were influenced by height and age.

Keywords: Acoustics, Children, Dysphonia, Phonation, Voice.

SUMÁRIO

1 APRESENTAÇÃO **7**
1.2 REFERENCIAL TEÓRICO **11**
1.2.1 Crescimento e desenvolvimento da criança **11**
1.2.2 Laringe infantil **12**
1.2.3 Voz na infância **14**
1.2.4 Avaliação vocal **16**
1.2.5 Tempos máximos de fonação **21**
1.3 MATERIAIS E MÉTODOS **21**
2 ARTIGO DE PESQUISA 1 Tempos Máximos de Fonação, idade e estatura de crianças sem disfonia de 4:00 a 7:11 anos de idade **28**
2.1 Introdução **28**
2.2 Métodos **29**
2.3 Resultados **32**
2.4 Discussão **33**
2.5 Conclusão **36**
3 ARTIGO DE PESQUISA 2 Características vocais acústicas espectrográficas de crianças sem disfonia de 4:00 a 7:11 anos de idade **37**
3.1 Introdução **39**
3.2 Métodos **39**
3.3 Resultados **42**
3.4 Discussão **44**
3.5 Conclusão **46**
4 ARTIGO DE PESQUISA 3 Características vocais acústicas espectrográficas de crianças sem disfonia de 4:00 a 7:11 anos de idade **49**
4.1 Introdução **49**
4.2 Métodos **51**
4.3 Resultados **54**
4.4 Discussão **58**
4.5 Conclusão **60**
5 ARTIGO DE PESQUISA 4 Características vocais acústicas espectrográficas de crianças sem disfonia de 4:00 a 7:11 anos de idade **63**
5.1 Introdução **63**
5.2 Métodos **65**
5.3 Resultados **68**
5.4 Discussão **70**
5.5 Conclusão **72**
6 DISCUSSÃO GERAL **74**
7 CONCLUSÃO GERAL **85**
8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS **86**

1 APRESENTAÇÃO

A voz humana é considerada uma função neurofisiológica inata que se aprimora com o desenvolvimento orgânico do indivíduo. A produção vocal depende de uma complexa atividade de todos os mecanismos que lhe servem e constitui-se em uma das extensões mais fortes da personalidade (ANDREWS, 1998; BEHLAU, 2008; CIELO, CAPPELLARI, 2008; MARTINS, TRINDADE, 2003; OLIVEIRA et. al. 2011).

É na infância que o sujeito começa a adquirir as competências e habilidades de relacionamento, sendo que o sucesso ou insucesso nesta área são indicadores para o desenvolvimento da criança. A produção vocal adequada pode ter como resultado maior aceitação pelos colegas, autoestima e realização acadêmica. Do contrário, pode ocorrer rejeição pelos seus pares, depressão e/ou baixo rendimento acadêmico (ANDREWS, op.cit.; CIELO, CAPPELLARI, op. cit.; OLIVEIRA et. al., op.cit.).

A produção vocal é realizada por três níveis essenciais: o respiratório, o fonatório e o sistema ressoador, coordenados pelo sistema neurológico (ANDREWS, op. cit.; BEHLAU, op. cit.; OLIVEIRA, et. al. op. cit.; VANZELLA, 2006). A emissão vocal da criança tem particularidades que não devem ser consideradas patológicas, como discreta instabilidade, nasalidade e soprosidade durante a emissão. São responsáveis por essas características a imaturidade neuromuscular, a mucosa das estruturas da laringe e a fenda triangular posterior, característica marcante da configuração glótica infantil (ANDREWS, op. cit.; BEHLAU, op. cit.; CIELO, CAPPELLARI, op. cit.; OLIVEIRA, et. al., op. cit.; VANZELLA, op. cit.).

Conforme ocorre o crescimento corporal e a maturação das estruturas que compõem o aparato vocal, as características vocais se modificam. Crianças com estatura menor para a faixa etária podem apresentar cartilagens menores, assim como menor comprimento de pregas vocais e de estruturas que atuam na ressonância vocal. A emissão da voz pode sofrer influência desses fatores relacionados à estatura, além da faixa etária (SCHOTT, SAMPAIO, OLIVEIRA, 2009).

Até aproximadamente os 6:00 anos de idade, as emissões vocais de meninos e meninas são semelhantes em termos de qualidade e frequência fundamental (F0), não havendo diferenciação entre os sexos. A partir desta fase, as modificações vocais sofrem influência do crescimento corporal, que inclui modificação da dentição e arcada dentária e aspectos hormonais (BRAGA, OLIVEIRA, SAMPAIO, 2009).

Outros estudos sobre as modificações vocais decorrentes da idade relacionam a influência hormonal a partir dos 10-12 anos para meninas e dos 13-15 anos para meninos, com a ressalva de que a muda vocal pode ser antecipada em até 2:00 anos em crianças com hábitos alimentares não saudáveis e vida sedentária (TAVARES, LÁBIO, MARTINS, 2010; GUIMARÃES, 2013; PAES, AZEVEDO, 2010).

Por meio da melhora do controle neuromuscular, ocorre maior controle da pressão do fluxo aéreo e da tensão das pregas vocais durante a fonação. Isto se reflete nas medidas de análise acústica vocal como a F0, as medidas de perturbação e de variação de frequência e de amplitude, de ruído, de instabilidade, bem como nos aspectos perceptivo-auditivos (BEHLAU, 2008; CIELO, CAPPELLARI, 2008; OLIVEIRA, et. al., 2011; VANZELLA, 2006).

A voz é um fenômeno multidimensional e o sistema mais elaborado da comunicação humana, sendo compreensível que seja difícil usar um método único que avalie de forma abrangente e precisa a qualidade vocal ou a sua deterioração. A relação entre a análise acústica da voz, a avaliação perceptivo-auditiva e o comportamento vocal facilitam a compreensão dos ajustes anatomofisiológicos empregados pelo paciente na produção vocal. Por este fato, os protocolos de avaliação devem incluir várias provas e parâmetros vocais. No entanto, compreender como os dados avaliativos correlacionam-se é mais importante do que traçar múltiplas avaliações que podem tardar o diagnóstico e, por consequência, o início da terapia vocal. Dessa maneira, é possível contribuir para o diagnóstico de normalidade ou da severidade e natureza da perturbação vocal e, consequentemente, com a elaboração de um plano de terapia mais eficiente e direcionado (BEHLAU, op.cit; CIELO, CAPPELLARI, op.cit; VALENTIM et al., 2010).

A avaliação vocal infantil deve considerar os aspectos considerados normais e os patológicos. Para isso, devem estar claros os parâmetros que caracterizam a voz com e sem disfonia. Como exemplo de provas e avaliações, existem a avaliação vocal acústica, a avaliação perceptivo-auditiva, a avaliação aerodinâmica e as avaliações do impacto psicossocial da perturbação vocal.

A análise vocal acústica espectrográfica é considerada não invasiva e permite a integração dos dados da avaliação vocal perceptivo-auditiva com o plano fisiológico, detalha a geração do sinal sonoro e fornece uma estimativa dos padrões vibratórios das pregas vocais, dos formatos do trato vocal e suas modificações (BEBER, CIELO, 2010; BEHLAU, op.cit.; CIELO, CAPPELLARI, op.cit.). Os tempos máximos de fonação (TMF) são medidas relacionadas à sustentação da emissão em uma expiração, fornecendo dados objetivos com sua mensuração em segundos e dados subjetivos, permitindo analisar a qualidade vocal durante a emissão (ANDREWS, 1998; BEHLAU, op.cit.).

Ao ser pesquisada a expressão "*analysis vocal acoustic children voice*", dos últimos cinco anos, na base de dados *PubMed* foram encontrados 41 estudos, dentre os quais 23 com o objetivo de estudar a análise acústica sob os parâmetros da fala. Outros estudos utilizaram a faixa etária da infância até a adolescência, além do uso de diferentes protocolos e métodos, sendo observada a carência de pesquisas na área de voz. Quando utilizada, na mesma base de dados, a expressão "*spectrographic vocal children*", foi encontrado um artigo dos últimos cinco anos. Na base de dados *Lilacs*, a pesquisa gerou 12 artigos sobre "*analysis vocal acoustic children voice"* e, quando realizada com a expressão "*spectrographic vocal children*", o resultado foi de três artigos. Na base de dados *Scielo*, foram encontrados oito estudos e um estudo utilizando as expressões citadas respectivamente.

Apesar da importância e utilidade dos TMF, ainda são um assunto pouco explorado no âmbito científico. Em pesquisa na base de dados *PubMed*, foram encontrados 18 estudos sobre a temática TMF e crianças nos últimos cinco anos, sendo muitos caracterizando os TMF de crianças com patologias ou em situações específicas como o trabalho com dez crianças com histórico de papilomatose laríngea que avaliou medidas de TMF e relação s/z (VERMA, SOLANKI, JAMES, 2016); a pesquisa com 33 crianças com idade entre 2:00 e 16:00 anos que passaram por processo cirúrgico do nervo laríngeo; e o estudo com três crianças que passaram por reinervação do nervo laríngeo (ZUR, CARROLL, 2015; FARHOOD et al., 2015).

Em comum, nas três pesquisas, as crianças apresentaram aumento dos valores de TMF após o procedimento cirúrgico. Ainda, pesquisa sobre os efeitos da terapia vocal mostrou aumento dos valores de TMF em 99 crianças de 7:00 a 15:00 anos com voz normal de ambos os sexos (ŞENKAL, OZER, 2015). Outro estudo

caracterizou 106 crianças vivendo em situação de rua, comparando os dados com 90 crianças em situação regular com idade entre 7:00 e 10:00 anos, sendo observados valores significativamente maiores de TMF no grupo de crianças em situação de rua (SALES et al., 2013).

Na base de dados *Lilacs*, foram encontrados dois estudos com essa temática, no primeiro, sobre a caracterização dos aspectos vocais de um coral infanto-juvenil de 20 sujeitos com idade entre 10:00 e 18:00 anos de ambos os sexos, foram encontrados como resultados qualidade vocal rouco-soprosa e TMF aumentados (ROSA et al., 2014). Outro estudo foi realizado com 100 crianças com nódulos vocais e idade entre 4:00 e 11:00 anos, quando o grupo foi comparado com crianças com voz normal foi encontrado TMF reduzido (GRAMUGLIA, 2013). Devido à escassez de artigos sobre TMF infantis, foram pesquisados trabalhos com tempo de publicação superior a cinco anos. Artigos com objetivos discrepantes e que utilizaram faixa etária muito ampla, incluindo adolescentes, não foram utilizados no presente estudo.

Desta maneira, observa-se a escassez de estudos que considerem a avaliação e caracterização vocal na infância sob diferentes perspectivas. O estabelecimento de TMF e de critérios espectrográficos de normalidade em relação à voz infantil, objetivo principal deste estudo, é importante para guiar o profissional na área da voz devido à variabilidade em relação ao conceito de voz normal, às configurações anatomofisiológicas da idade, aos diferentes tipos de avaliações vocais existentes e aos aspectos culturais (OLIVEIRA et al., 2011; SADER, HANAYAMA, 2004; TAVARES, LABIO, MARTINS, 2010).

O presente trabalho foi desenvolvido no formato de textos científicos integrados. O primeiro capítulo possui apresentação geral, referencial teórico atual sobre crescimento e desenvolvimento da criança, laringe infantil, voz na infância, avaliação vocal e TMF, materiais e métodos utilizados na pesquisa como um todo.

No segundo capítulo, é apresentado artigo de pesquisa original sobre a relação entre TMF, estatura e idade de crianças sem disfonia. O terceiro capítulo contém artigo de pesquisa original sobre características vocais espectrográficas de crianças sem disfonia. O quarto capítulo é formado pelo artigo de pesquisa original que relaciona as características espectrográficas com idade, estatura e sexo de crianças sem disfonia e o quinto capítulo possui artigo de pesquisa original com objetivo de relacionar os TMF com as medidas espectrográficas de crianças sem

disfonia. Todos os artigos de pesquisa serão enviados ao periódico americano *Journal of Voice*, estando formatados nas suas normas.

O sexto e sétimo capítulos apresentam a discussão geral e conclusão geral do trabalho como um todo, o oitavo capítulo contém as referências bibliográficas utilizadas ao longo de todo o trabalho.

1.2 Referencial teórico

1.2.1 Crescimento e desenvolvimento da criança

Os padrões de crescimento infantil variam consideravelmente em função de diversos fatores, incluindo determinantes como condições nutricionais, culturais, ambientais e sociais, além de fatores biológicos e genéticos (DE MARCO, 2010).

O desenvolvimento é o resultado da interação entre as características biológicas da criança e os fatores culturais e sociais em que ela está inserida. Assim, a aquisição de novas habilidades relaciona-se à faixa etária e às interações vividas com os outros indivíduos do seu grupo (DE MARCO, op.cit.).

Quanto aos aspectos motores, a elevada taxa de evolução biológica, em torno dos 3:00 anos de idade, possibilita uma rápida aquisição da capacidade de organização e controle de movimentos, principalmente quando acompanhada de experiências motoras adequadas. Em tese, uma experiência ambiental adequada favorece o surgimento de uma boa competência motora, a qual, por sua vez, tende a aumentar a prática de atividade física, desenvolvendo assim um sistema de retroalimentação. Em contrapartida, a falta de experiências motoras adequadas nessa fase pode comprometer o desenvolvimento posterior da criança, não somente em termos motores, como também cognitivos, afetivos e sociais (RÉ, 2011). Nesse sentido, pode-se relacionar essa teoria com o desenvolvimento da linguagem e, por consequência, vocal, uma vez que durante a fonação existe a participação de músculos e cartilagens em processo de amadurecimento.

A puberdade (aproximadamente dos 11:00 aos 16:00 anos de idade) é um período dinâmico do desenvolvimento marcado por rápidas alterações no tamanho e na composição corporal. Um dos principais fenômenos da puberdade é o pico de

crescimento em estatura, acompanhado da maturação biológica (amadurecimento) dos órgãos sexuais e das funções musculares (metabólicas), além de importantes alterações na composição corporal, as quais apresentam importantes diferenças entre os gêneros. Nos meninos, o pico de crescimento em estatura ocorre aproximadamente aos 14:00 anos de idade, com grandes variações individuais, sendo normal sua ocorrência entre os 12:00 e os 16:00 anos de idade, nas meninas, o pico de crescimento em estatura ocorre por volta dos 12:00 anos de idade e apresenta consideráveis variações em relação à idade cronológica, podendo ocorrer entre os 10:00 e os 14:00 anos (RÉ, 2011). Adolescentes de mesma idade frequentemente estão em fases distintas da puberdade, pois possuem início e ritmo de progressão muito variáveis entre eles. O início da puberdade é geralmente denominado pubescência, que é o período mais precoce da adolescência, durante a pubescência, características sexuais secundárias começam a aparecer, como a maturação dos órgãos sexuais e mudanças no sistema endócrino, iniciando-se o estirão de crescimento pré-adolescente (CHIPKEVITCH, 2001).

As modificações corporais, inerentes ao crescimento humano, refletem em diferentes produções vocais, conforme o estágio de crescimento e desenvolvimento, sofrem influência dos fatores biológicos como os anatômicos e hormonais, bem como dos fatores ambientais como o espaço que o sujeito está inserido e qual tipo de demanda vocal possui, entre outros, portanto a idade cronológica não deve ser o único fator considerado na produção vocal de crianças e adolescentes.

1.2.2 Laringe infantil

A voz é o som produzido pela laringe, por meio da vibração da mucosa que envolve as pregas vocais. A produção vocal expressa as condições individuais (físicas ou emocionais) e, se o indivíduo não estiver em condições saudáveis, a voz deixará transparecer esse problema, a qualidade vocal estará disfônica, o que pode vir a comprometer a fala e, consequentemente, a comunicação (FUCHS et al., 2009; VANZELLA, 2006; ZITTA, 2005).

A laringe apresenta três cavidades. A supraglótica é formada pelas estruturas que estão acima da glote, incluindo o ventrículo laríngeo (cavidades pares localizadas lateralmente logo acima das pregas vocais), e tem como limite superior o

ádito laríngeo. A subglótica inicia-se logo abaixo da glote, tendo como limite inferior o primeiro anel traqueal. Já a rima glótica, ou glote, é o espaço entre as pregas vocais. O som da voz é produzido na glote, sendo imediatamente acrescido de ressonância na supraglote. As funções básicas da laringe, em ordem de importância são proteção, respiração e fonação. Na função de proteção, a laringe atua como esfíncter evitando a entrada de qualquer coisa, exceto o ar, nos pulmões. Na função de respiração, as pregas vocais abduzem ativamente durante o movimento respiratório, contribuindo para a regulação do intercâmbio gasoso com os pulmões e a manutenção do equilíbrio ácido-base. Na função de fonação, as mudanças de tensão e longitude das pregas vocais, ampliação da abertura glótica e a intensidade do esforço respiratório provocam variações nas qualidades da voz que resultam da vibração das pregas vocais, sendo modificada pelos movimentos da mandíbula, faringe, véu palatino, língua e lábios (CONNOR et al., 2008; SILVA et al., 2012; VANZELLA, op.cit.).

A laringe, após o nascimento, inicia sua descida no pescoço, o que continua ocorrendo ao longo de toda a vida. Os efeitos dessas mudanças se refletem na ressonância do trato vocal. A Frequência Fundamental (F0) da voz diminui enquanto o trato vocal aumenta. Com a mudança da posição laríngea, o tubo de ressonância se alonga, podendo amplificar as frequências graves (ANDREWS, 1998; BEHLAU, 2008; TAVARES et al., 2011).

A laringe da criança apresenta-se sob a forma de um funil, com estreitamento a partir das pregas vocais em direção à região subglótica. No adulto, devido à expansão subglótica em decorrência da mudança da configuração da cartilagem cricoide, o trato vocal assume um aspecto tubular. A mudança na posição da laringe e o desenvolvimento morfológico corporal fazem com que o trato vocal infantil seja um excelente instrumento de respiração, deglutição e proteção das vias aéreas inferiores, mas não ideal para a fonação (AZEVEDO, 2009; CAPELLARI, CIELO, 2008; TAVARES et al., 2011.).

O desenvolvimento da voz acompanha e representa o desenvolvimento do indivíduo, tanto do ponto de vista físico como do psicológico e social. Após o nascimento, ocorrerá o crescimento da laringe e uma série de alterações na configuração geométrica do trato vocal. A estrutura vocal do bebê e da criança não corresponde a uma miniatura do adulto, diferindo tanto na forma como nas relações

com as outras partes do corpo (AZEVEDO, 2009.; TAVARES, LABIO, MARTINS, 2010; TAVARES et al., op.cit).

A mudança na F0 das vozes da população pediátrica pode ser justificada pelas mudanças internas que ocorrem nas pregas vocais com a idade. As camadas da lâmina própria da mucosa das pregas vocais se diferenciam e se desenvolvem gradualmente e são consideradas imaturas até a puberdade. A laringe da criança se diferencia do adulto não só no comprimento como também quanto às propriedades físicas relacionadas à amplitude e velocidade de vibração da mucosa (AZEVEDO, op.cit.; TEIG, 1997; VANZELLA, 2006).

1.2.3 Voz na infância

A voz é um fenômeno que comporta grandes variações e depende de uma complexa e interdependente atividade de todos os músculos que servem à sua produção. É produzida pelo trato vocal, a partir da laringe, com a passagem do ar pelas pregas vocais e o movimento das estruturas fonoarticulatórias (AZEVEDO, 2009; BEHLAU, 2008; INFUSINO et al., 2015).

Essencialmente, a voz é um fenômeno perceptivo em resposta a um estímulo acústico. Uma voz patológica é, rotineiramente, descrita como o reflexo do modo como “soa ao ouvido” de quem a escuta (AZEVEDO, op.cit. TAVARES et al., 2011).

O conceito de qualidade vocal está diretamente relacionado com preceitos fisiológicos, perceptivos e acústicos (ANGELILLO et al., 2008; BEHLAU, op. cit.). As principais características presentes na voz infantil são qualidade vocal com pouca projeção e discreta rouquidão, soprosidade e nasalidade; *pitch* agudo; gama tonal rica à exagerada (principalmente nos primeiros anos); *loudness* elevada; instabilidade vocal; ataque vocal brusco; e incoordenação pneumofonoarticulatória (BELHAU, op. cit.; JOTZ et al., 2006; VANZELLA, 2006).

O trato vocal infantil acompanha as mudanças do crescimento corporal, as camadas da mucosa das pregas vocais amadurecem, a capacidade vital e o controle neuromuscular aumentam, por consequência, há diminuição da instabilidade e do ruído na emissão vocal. A *loudness* aumentada e ocorrência de ataque vocal brusco, características da voz infantil, podem ser atribuídas às atividades físicas e sociais

das crianças que demandam uso vocal excessivo e ou abusivo (ANDREWS, 2009; ANGELILLO et al., op.cit.; BEHLAU, op.cit).

Trabalho sobre os parâmetros acústicos supraglóticos, com 209 crianças entre 3:00 e 12:00 anos de idade sem alterações vocais, mostrou faixa de frequência do terceiro formante (F3) da vogal /a/ mais aguda no sexo feminino, sendo que essa diferença inicia aos 3:00 e se torna substancial aos 6:00 anos de idade (YANG, 1989).

A análise das frequências dos Formantes (F) mostrou-se capaz de diferenciar os sexos, mesmo em crianças muito jovens (faixa etária de 4:00 anos), enquanto a análise da F0 pode diferenciar os sexos apenas após os 12:00 anos de idade. Estudo concluiu algumas diferenças, mostrando que as meninas apresentavam, de maneira geral, medidas espectrais significativamente mais agudas do que os meninos (AZEVEDO, 2009).

Pesquisa demonstrou que as frequências de F1, F2 e F3 decresceram em função do aumento da idade na análise de crianças entre 4:00 e 11:00 anos de idade. Quanto às diferenças entre os sexos, frequências mais altas para meninas foram observadas em F1 para vogais /a/ e /u/ e em F2 para praticamente todas as vogais (FREITAS, 2012).

Estudo sobre análise vocal com 78 crianças com idades entre 5:00 e 13:00 anos dividiu os participantes em três grupos: controle, usuários de implante coclear e usuários de prótese auditiva. Concluiu-se que, independente do grupo, medidas vocais acústicas aerodinâmicas e de fechamento glótico aumentaram conforme a idade; por meio da análise vocal perceptivo-auditiva, concluiu-se que usuários de implante coclear apresentaram melhor qualidade vocal quando comparados com usuários de aparelhos auditivos (GUERREIRO et al., 2013).

Referente aos fatores que podem influenciar a qualidade vocal, pesquisa com 1857 crianças com idade entre 6:00 e 9:00 anos analisou o atendimento em 57 centros médicos. Observou-se que crianças com problemas respiratórios, resfriado e congestão nasal apresentaram como principal característica vocal a rouquidão (KALLVIK, PUTUS, SIMBERG, 2016).

A qualidade vocal infantil foi investigada em pesquisa através da Classificação Internacional de Funcionalidade que avaliou, entre outras questões, o impacto da disfonia conforme o contexto em que o sujeito estava inserido. O instrumento foi aplicado a 75 pais de crianças que apresentavam rouquidão, com idades entre 7:00

e 14:00 anos, e o estudo concluiu que a rouquidão diminuiu significativamente no grupo que recebeu tratamento fonoaudiológico adequado e que possuía ambiente familiar favorecedor (SENKAL, OZER, 2015).

Pesquisa com 68 crianças de ambos os sexos com idades entre 5:00 e 10:00 anos avaliou as características vocais por meio do *software Praat*. Concluiu-se que a diferença vocal conforme o sexo foi marcada principalmente por fatores comportamentais, como por exemplo, a agitação psicomotora mais presente em meninos, meninas que apresentaram nível de pressão sonora acima de 80 dB tiveram F0 maior do que meninos e, em crianças com nível de pressão sonora menor que 80 dB, não foram observadas diferenças entre medidas de *shimmer*, *jitter* e F0 (BROCKMANN, BEYER, BOHLENDER, 2015).

Estudo com 218 crianças e adolescentes de ambos os sexos com idades entre 4:00 e 17:00 anos teve por objetivo analisar dados vocais perceptivo-auditivos e acústicos. Foram coletados, por meio do Consenso Da Avaliação Perceptivo Auditiva Da Voz (CAPE-V), vogais sustentadas e amostra de fala espontânea. Foram observadas diferenças significativas na F0 de meninos quando comparados os grupos de 4:00 e 11:00 anos, 11:00 e 14:00 anos e 14:00 e 17:00 anos, também foi encontrada diferença em relação ao ataque vocal brusco nos grupos entre 4:00 e 11:00 anos, 11:00 e 14:00 anos, tais diferenças foram de diminuição conforme o aumento da idade (INFUSINO et al., 2015).

1.2.4 Avaliação vocal

A avaliação é o estágio inicial para o diagnóstico e tratamento das afecções vocais, bem como para o aperfeiçoamento da voz. A importância das avaliações permanece durante o tratamento/aperfeiçoamento como forma de mensurar as possíveis evoluções do paciente e assegurar o momento adequado para a alta fonoaudiológica (BEBER, CIELO, 2010; CIELO, CAPPELLARI, 2008).

Fazem parte das avaliações fonoaudiológicas da voz a avaliação perceptivo-auditiva e a análise acústica computadorizada. A análise perceptivo-auditiva da função vocal, considerada padrão-ouro, é um método subjetivo, exigindo somente o ouvido humano como instrumento principal. Como instrumento para a análise

perceptivo-auditiva há a escala Consenso Da Avaliação Perceptivo Auditiva Da Voz (CAPE-V), adaptada ao português brasileiro (BEHLAU, 2004), que avalia seis parâmetros pré-determinados (Grau de severidade global, Rugosidade, Soprosidade, Tensão, *Pitch* e *Loudness*), com a possibilidade de inclusão de dois parâmetros adicionais característicos da emissão do paciente em questão, além de aspectos relacionados à ressonância (BEHLAU, op.cit; SANTOS, 2009).

Outra escala utilizada é a GRBASI em que cada letra corresponde a inicial do parâmetro avaliado: G - avaliação global da disfonia *(grade);* R – aspereza/rugosidade *(roughness);* B – soprosidade *(breathiness);* A – astenia *(asteny);* S – tensão *(strain*), I - instabilidade (*instability*). A classificação é feita por meio de uma escala de quatro pontos: zero = normal ou ausência de alterações; um = ligeira ou discreta modificação; dois = moderada ou alteração evidente; três = severa/grave ou com variações extremas (HIRANO, 1981). A escala RASATI (rouquidão, aspereza, soprosidade, astenia, tensão e instabilidade) obedece ao mesmo sistema de classificação da GRBASI, em quatro níveis, mas são também contemplados valores intermédios (PINHO, PONTES, 2008). A RASATI objetiva a avaliação do nível laríngeo, sendo um procedimento de triagem vocal rápido, compacto e fiável, com elevado grau de fiabilidade (FREITAS, 2012, SANTOS, 2009).

Escalas analógico-visuais (EAV) são utilizadas para a mensuração de fenômenos subjetivos como dor, ansiedade, náusea e fadiga. Tais escalas correspondem a uma linha de 100 mm, vertical ou horizontal, na qual o paciente ou o avaliador é orientado a marcar a quantidade de sensação experienciada no momento. Cada milímetro corresponde a um grau de desvio e, portanto, a escala oferece 100 possibilidades de graduação. A EAV é geralmente ancorada por termos que representam os extremos (ausente e máximo) ou graus intermediários (leve, médio e intenso) dos fenômenos subjetivos.

Em comparação com outros estudos, observa-se que a EAV não sofre influências de aspectos culturais da qualidade vocal. Em pesquisa, a determinação dos valores de corte para os diferentes graus de alteração vocal mostrou-se possível com valores de 35,5 pontos (mm) para a variabilidade normal da qualidade vocal, o que inclui desvios leves, podendo ser empregado como critério de triagem vocal (YAMASAKI et. al. 2008).

Com a evolução instrumental, surgiu a análise vocal acústica, outro método de avaliar a voz, porém de forma objetiva. É considerado um exame complementar à avaliação clínica realizada pelo fonoaudiólogo. Por meio da análise acústica, é possível a obtenção de medidas que estão relacionadas ao padrão vibratório das pregas vocais e à forma do trato vocal e suas mudanças no tempo. A interpretação varia com a idade, o sexo, o tipo de fonação e o treino vocal. Essa análise permite avaliar a voz no início e no seguimento do tratamento fonoaudiológico, oferecendo várias ferramentas, dentre elas a análise das características acústicas da fonte glótica e a análise do filtro vocal, a chamada espectrografia. Nesta, são consideradas outras partes do trato vocal como a faringe, a cavidade oral e a nasal, que também participam da determinação da qualidade vocal (FINGER, CIELO, SCHWARZ, 2009; VALENTIM, CÔRTES, GAMA, 2009; TITZE, 1994).

O recurso de análise acústica pode ser considerado útil no diagnóstico e tratamento de problemas vocais na clínica fonoaudiológica. A análise promove uma integração entre os dados da avaliação perceptivo-auditiva e os dados fisiológicos, pois fornece elementos adicionais para revelar detalhes da relação entre os planos referidos (TITZE, op. cit.; VALENTIM, CÔRTES, GAMA, op.cit.). A utilidade deste recurso é ampliada na clínica infantil por se tratar de procedimento não invasivo (VALENTIM, CÔRTES, GAMA, op.cit.).

As medidas obtidas na análise acústica correspondem a medidas físicas definidas. O sinal glótico (sinal da fonte) sofre efeitos ao longo do trato vocal supraglótico até a saída deste para o meio externo (ação de filtro). Há uma somatória das ondas sonoras provenientes da fonte glótica com outras refletidas ao longo do trato vocal, sendo a resultante final (sinal de saída) o sinal irradiado pelos lábios. A análise acústica não fornece medidas diretas da fonte glótica, uma vez que o sinal de voz registrado é o sinal de saída, que é a somatória do sinal glótico mais os efeitos dos filtros. Por este motivo, os instrumentais de análise acústica realizam análises indiretas a partir de procedimentos matemáticos complexos que permitem, por exemplo, eliminar do sinal vocal de saída os efeitos da atividade supraglótica e apresentar medidas relacionadas à atividade glótica. Outros cálculos e técnicas permitem, por exemplo, ressaltar os formantes (BEHLAU, 2008; TITZE,1994).

O espectrograma vocal pode ser definido como um gráfico que mostra a *loudness* por meio do escurecimento ou coloração do traçado, as faixas de frequência no eixo vertical e o tempo no eixo horizontal. O espectrograma mostra

visualmente as características acústicas da emissão, porém essas informações exigem interpretação por parte do avaliador (AZEVEDO, 2009; VALENTIM, CÔRTES, GAMA, 2010).

Os componentes do espectrograma de banda estreita evidenciam a chamada série harmônica do som periódico - a frequência de cada componente é um múltiplo inteiro da Frequência Fundamental (F0) - a frequência mais baixa é considerada a frequência ou harmônico fundamental e as seguintes são múltiplos desta, ou seja, segundo harmônico e os seguintes. As componentes não periódicas da voz, como o ruído gerado pelas consoantes fricativas ou nas fendas glóticas, apresentam um espectro denso de frequências ao contrário das linhas espectrais horizontais bem definidas como nas séries harmônicas (BATALLA et al., 2011; FREITAS, 2012).

O espectrograma de banda estreita é retratado com estrias horizontais, cada uma representa um harmônico. São designados deste modo porque evidenciam a estreita largura de banda do sinal da voz – em torno dos 30-50 Hz. Não realiza medições temporais, sendo útil na obtenção da F0 e de aspetos associados à prosódia. Tem como principal finalidade a representação da estrutura harmônica do sinal vocal (AZEVEDO, 2009; BATALLA et al., op.cit.; BEHLAU, op.cit.; FREITAS, op.cit.).

O espectrograma de banda larga resulta da aplicação de um filtro de banda larga e, geralmente, tem uma faixa de frequências de 200-500 Hz. É um gráfico de resolução temporal disposto em estrias verticais que salienta as regiões de energia do sinal, apontando a existência de atividades periódica e aperiódica do mesmo. Assim, é possível a identificação das frequências de ressonância do trato vocal, os formantes (F), e ainda as zonas de concentração de ruído. Os F são visíveis como barras escuras em determinadas faixas de frequência que indicam zonas de concentração de energia. A disposição dos mesmos tem relação direta com a configuração do trato vocal durante a emissão do som, variável de acordo com características de postura do trato vocal (AZEVEDO, 2009; BEHLAU, 2008; ENGLERT, AZEVEDO, BELTRAME, 2013).

Cada F possui particularidades, o primeiro formante (F1) está relacionado ao deslocamento da língua no plano vertical (altura), à abertura mandibular, à posição do véu palatino e à cavidade posterior à língua. O segundo formante (F2) possui relação com a geometria do trato vocal e posicionamento de língua no plano horizontal (BARROS, CARRARA-DE ANGELIS, 2002; BEHLAU, op.cit.). Ambos os F

F1 e F2 estão relacionados às características que diferenciam as vogais (ENGLERT, AZEVEDO, BELTRAME, op.cit.).

Os F subsequentes (F3, F4 e F5) estão relacionados ao comprimento do trato vocal e à dimensão dentro e em torno da laringe. F3 possui relação com as duas cavidades formadas pela posição da língua (uma cavidade atrás e outra à frente). F4 relaciona-se à altura e ao formato da laringe e da faringe (BARROS, CARRARA-DE ANGELIS, op.cit.; BEHLAU, op.cit.). Vozes de falantes normais, que não possuem treino vocal, não costumam apresentar boa definição desses F superiores, sendo que F3, F4 e F5 podem não ser observáveis (BEHLAU, op.cit.).

Em sujeitos com maior preparo vocal, pode ser observado o chamado F do cantor, caracterizado como a presença de F3, F4 e F5 nas frequências agudas. O F do cantor gera audibilidade sobre o ruído, não sofre interferência de outros sons, ficando destacado. Para produzi-lo, é necessário o abaixamento da laringe, constrição ariepiglótica e expansão de todo o trato vocal (BEHLAU, op.cit.).

As vogais sustentadas produzidas com níveis confortáveis de *pitch* e *loudness* são usadas como amostra para analisar acusticamente a voz e, assim, caracterizar a qualidade vocal de uma emissão. As vogais são escolhidas devido à facilidade de compreensão e produção, registro e análise, além de não conter variações de entonação e efeitos de coarticulação, ou seja, são eliminados fatores de confusão inerentes às influências supraglóticas e linguísticas (SAMPAIO, OLIVEIRA, BEHLAU, 2009; TITZE, 1994).

O prolongamento de vogais pode ser usado para obter informação sobre a duração fonatória, o controle pneumofônico, níveis de *pitch* e *loudness* confortáveis, a presença de alterações e a capacidade de manter uma articulação estável (AZEVEDO, 2009).

Realizar variações em escala de frequência para uma mesma vogal pode ser usado para determinar a faixa de conforto e uso tonal habitual do sujeito. O mesmo raciocínio aplica-se à variação do nível de pressão sonora. A escolha da vogal afeta as medidas de perturbação (VALENTIM, CÔRTES, GAMA, 2009). Ao analisar as vogais anteriores /e, ɛ, i /em direção a vogal central /a/, observa-se aumento de F1, enquanto que F2 e F3 decrescem, quanto à vogal /u/, posterior, observa-se diminuição de F1 em direção a vogal /a/ (BEHLAU, 2008; ENGLERT, AZEVEDO, BELTRAME, 2013).

1.2.5 Tempos máximos de fonação

A medida dos Tempos Máximos de Fonação (TMF) pode ser empregada no diagnóstico, acompanhamento e evolução das terapias vocais, além disso, pode ser utilizada nas avaliações acústicas (BEHLAU, 2008; TAVARES et al., 2011). A normalidade preconiza que o sujeito deve ter um volume adequado de ar e ser capaz de manter a emissão de um som em uma expiração (BEHLAU, op.cit.).

Os valores dos TMF quantificam a habilidade do avaliado em controlar e coordenar as forças aerodinâmicas da corrente pulmonar e as forças mioelásticas da laringe, sendo considerado um teste de eficiência glótica (BEHLAU, 2008.). A coleta dos TMF é de fácil aplicação, não exige equipamentos sofisticados, é rápida e não invasiva (CIELO, CAPPELLARI, 2008). Apesar disso, foram encontradas poucas pesquisas sobre essa temática.

Para o público infantil, os valores de TMF acompanham o valor da idade cronológica da criança em anos (BEHLAU, op.cit.), conforme comprovado em pesquisa com 23 crianças com voz normal (CIELO, CAPPELLARI, op.cit.). Outro estudo com 106 crianças de ambos os sexos com idade entre 4:00 e 10:00 anos encontrou diferença estatística em relação ao TMF dos participantes: as crianças mais velhas apresentaram os maiores valores (FABRON et al., 2006). A idade cronológica também acompanhou os valores dos TMF de /a/, /s/ e /z/ em pesquisa com 1660 crianças com faixa etária entre 4:00 e 12:00 anos (TAVARES et al., 2011).

1.3 Materiais e métodos

1.3.1 Caracterização da pesquisa

Investigação observacional analítica, transversal, de cunho retrospectivo e quantitativo, realizada por meio de pesquisa em banco de dados.

1.3.2 Aspectos éticos

Após a aprovação do projeto que deu origem ao banco de dados utilizado no presente trabalho no Comitê de Ética em Pesquisa da instituição de origem (CEP/UFSM: 0306.0.243.000-10), as escolas selecionadas foram convidadas a assinar o Termo de Autorização Institucional (TAI) e foram entregues os Termos de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) aos pais dos alunos. As coletas foram iniciadas somente mediante consentimento da criança. Todos os documentos foram armazenados sob a responsabilidade das pesquisadoras, mantendo-se a confidencialidade em relação à identidade e privacidade dos sujeitos que participaram da pesquisa de origem.

A coleta no banco de dados iniciou após a aprovação da pesquisa no CEP (57327616.3.0000.5346) e foi realizada no Laboratório de Voz do Serviço de Atendimento Fonoaudiológico (LabVoz - SAF - UFSM), mediante autorização da diretora do mesmo, por meio da leitura e assinatura do Termo de Autorização Institucional – TAI.

1.3.3 Seleção das escolas e crianças

Foi realizada listagem das escolas estaduais, particulares e municipais e, após, foram sorteadas as escolas que participariam da pesquisa até a amostra estar completa.

As crianças cujos pais autorizaram a pesquisa e que demonstraram interesse passaram pelos critérios de inclusão e de exclusão para a composição do grupo de estudo.

Foram considerados como critérios de inclusão: crianças de ambos os sexos; com idades entre 4:00 e 7:11 anos (OLIVEIRA et al., 2011; TAVARES et al., 2011); não apresentar disfonia, fato avaliado por juízes fonoaudiólogos; anuência dos pais e/ou responsáveis em assinar o TCLE e a concordância oral da criança.

Foram excluídas da pesquisa as crianças com: relato dos pais ou responsáveis de desenvolvimento neuropsicomotor alterado/atrasado, de alterações

psicológicas, psiquiátricas, neurológicas, posturais ou pulmonares; relato de síndromes; observação de deformidades físicas e alterações estruturais graves e congênitas que pudessem comprometer a fonação ao nível respiratório, fonatório e /ou articulatório; estar sob tratamento fonoaudiológico para a voz; histórico de cirurgia ou má formação na região orofacial que impedissem a adequada produção vocal nas avaliações, gripe e alergias respiratórias que limitassem o desempenho no dia das avaliações, participar de corais (FINGER, CIELO, SCHWARZ; KURTZ , CIELO, 2010; COSTA et al., 2011); perda auditiva investigada pela triagem auditiva, por meio da varredura de tons puros nas frequências de 1000 a 4000 Hz a 20 dB (res.364/09 Conselho Federal de Fonoaudiologia), somente por via aérea, por meio de audiômetro *Amplivox*, modelo 2011, tipo A260 em sala com ruído inferior a 50 dBNPS, verificado por medidor de nível de pressão sonora digital Icel- DL-4200 (res.274/01 Conselho Federal de Fonoaudiologia); crianças menores de 4:00 anos foram excluídas devido à complexidade das tarefas, como a memorização das frases do *Consensus Auditory-Perceptual Evaluation of Voice* (CAPE-V) e crianças maiores de 8:00 anos foram excluídas a fim de evitar influência de fatores hormonais (GUIMARÃES, 2013; PAES, AZEVEDO, 2013; TAVARES, LÁBIO, MARTINS, 2010).

A maturidade neurológica da laringe infantil é pouco conhecida, mas se sabe que a mesma não está totalmente desenvolvida até os 3:00 anos de idade, fato que influencia o controle e a estabilidade vocal (TAVARES, LABIO, MARTINS, 2010). Desta forma, a produção vocal de crianças menores de 3:00 anos de idade sofre influência da imaturidade neuromuscular. A partir dos 8:00 anos de idade, os fatores hormonais podem influenciar o desempenho vocal. Para que os fatores neurológicos e hormonais tenham sua interferência minimizada nas avaliações, a faixa etária dos 4:00 aos 8:00 anos é a que apresenta maior fidedignidade para caracterizar a voz infantil (CIELO, CAPPELLARI, 2008; GUIMARÃES, 2013; PAES, AZEVEDO, 2013; TAVARES, LÁBIO, MARTINS, op.cit.).

Por meio de anamnese elaborada pela fonoaudióloga pesquisadora, direcionada aos pais/responsáveis, foram aplicados alguns dos critérios de inclusão e de exclusão listados anteriormente.

Ainda, para a composição da amostra, como forma de avaliar o critério de exclusão de vozes disfônicas, foi realizada a análise perceptivo-auditiva da produção vocal, por meio da aplicação do protocolo CAPE-V (ASHA, 2003), adaptado para o português (BEHLAU, 2004). Conforme orientações do protocolo, as crianças

repetiram as seis frases e emitiram um trecho de 20 s de fala espontânea através de uma pergunta sobre as aulas de educação física e/ou sobre o recreio da escola.

Três fonoaudiólogas especialistas em voz, com mais de três anos de experiência profissional (CIELO, CAPPELLARI, 2008; FINGER, CIELO, SCHWARZ, 2009), que analisaram individualmente as gravações, foram orientadas quanto à marcação do CAPE-V, conforme o grau do desvio. Também foram orientadas a realizar as análises utilizando fones de ouvido intrauriculares, com atenção, em volume considerado confortável (OLIVEIRA et al., 2011) e os parâmetros de *pitch* e de *loudness* foram ignorados devido à sua dependência do conhecimento de sexo e do contexto da comunicação. As juízas foram cegadas quanto ao objetivo da pesquisa, idade e sexo das crianças, bem como não participaram como autoras do trabalho (GAMA et al., 2012).

As juízas receberam um CD com as gravações das vozes, sendo as primeiras seis faixas de crianças com voz sem qualquer grau de desvio, utilizadas como âncora para as análises. O formato de áudio utilizado foi PCM; 96 kHz; 16 *bits*; mono, convertidas para extensão *waveform*. Para o levantamento dos resultados, foi considerada a média das avaliações das três juízas em cada um dos itens do protocolo CAPE-V (OLIVEIRA et al., 2011; GAMA et al.,2012). A partir dos resultados, as vozes foram classificadas com ou sem disfonia. Foram consideradas crianças com disfonia aquelas que apresentaram o grau geral de alteração maior ou igual a moderado, conforme as características vocais consideradas normais para crianças (OLIVEIRA et al., op.cit; TAVARES et al., 2011; VIEGAS et al., 2009).

A estimativa do tamanho da amostra foi realizada por meio da expressão $n = p.q/(e/Z_\alpha)^2$ (VAUGHAM, 1997), para a qual se maximizou o tamanho de n, considerando-se o número máximo esperado de pais respondentes à anamnese em 50%. Onde:

n = tamanho da amostra

p= taxa esperada de pais que responderam ao questionário, em percentagem

q= 100 – p

α%= nível de significância da pesquisa,

z_α= valor tabelado para a confiança de (100 - α)%

e= margem de erro amostral tolerado, em porcentagem

Nesse estudo:

p= 50%,

q= 50%,

α= 5%. Logo: (100-α)% - (100-5)%=95%,

z_α= 1,96.

Substituindo-se os valores: n= $50.50/(5,0/1,96)^2$, resultando no número mínimo para o estudo de 388 indivíduos.

Foram enviados 3.240 TCLE, 2.021 retornaram e foram aplicados os critérios de seleção, restando 299 crianças sem disfonia com idade entre 4:00 e 7:11 anos.

1.3.4 Coleta de dados

Todas as crianças selecionadas para o projeto inicial (que constituiu o banco de dados) passaram pelos os procedimentos de coleta de dados e foram orientadas a emitir o TMF das vogais /a/, /i/, /u/, após uma inspiração profunda, em *pitch*, *loudness* e qualidade habituais, em posição ortostática (CIELO, CAPPELLARI, 2008; FINGER, CIELO, SCHWARZ, 2009). Foram coletadas e gravadas digitalmente três medidas de TMF e considerado o maior valor de sustentação em segundos.

Para a composição da amostra, foi realizada a análise perceptivo-auditiva da produção vocal, por meio da aplicação do protocolo CAPE-V (ASHA, 2003), adaptado para o português por BEHLAU (2004). Devido à idade das crianças, a leitura das seis frases foi adaptada para repetição: “Érica tomou suco de pêra e amora”; “Sônia sabe sambar sozinha”; “Olha lá o avião azul”; “Agora é hora de acabar”; “Minha mãe namorou um anjo”; “Papai trouxe pipoca quente”. Também foram avaliados os TMF/a/ e /i/ e um trecho de 20 s de fala espontânea através de uma pergunta sobre as aulas de educação física e/ou sobre o recreio da escola.

As gravações foram enviadas para as juízas para julgamento da normalidade. Para o registro das emissões vocais, foi utilizado gravador profissional digital marca *Zoom*, modelo H4n, com a configuração de captação do sinal de 96 kHz, 16 *bits*, captação do sinal regulada em 50%. Foi acoplado o microfone *Behringer* ECM 8000, omnidirecional, com faixa plana de captação de frequências de 15 a 20 kHz, posicionado a uma distância fixa de 4 cm para a gravação dos TMF (GAMA et al., 2009) e 10 cm para a fala (CAPE-V), em frente e a 90º da boca dos falantes, com o indivíduo em posição ortostática. A sala apresentava ruído ambiental inferior a 50

dBNPS, aferido por meio de medidor de nível de pressão sonora digital Icel- DL-4200 (BEHLAU, op.cit.; AZEVEDO, 2009; OLIVEIRA, et al., op. cit, TITZE, 1994).

A estatura foi verificada por meio de um estadiômetro (Caumaq Ltda), fixado em parede plana, sem rodapé. Os participantes foram orientados a ficar em posição ortostática, descalços e usando roupas leves.

Foi fornecida a devolutiva dos resultados das avaliações aos pais e/ou responsáveis, sendo que as crianças que apresentaram algum comprometimento foram encaminhadas para avaliações e tratamentos especializados.

1.3.5 Análise dos dados

Para as espectrografias (análise acústica de fonte e filtro vocal), foi utilizado o programa *Real Time Spectrogram* (RTS) da *KayPentax*®, instalado em computador com as especificações recomendadas pelo fabricante, sendo descartados o início e o término da emissão da vogal /a/ para que as condições pouco estáveis não influenciassem a análise dos dados (BRAGA, OLIVEIRA, SAMPAIO, 2009; SAMPAIO, OLIVEIRA, BEHLAU, 2008). O intervalo de tempo da amostra vocal para a janela de análise acústica foi padronizado conforme o menor tempo de sustentação da vogal /a/, dentre todos os participantes, fazendo com que todas as emissões analisadas (em cada faixa etária) tivessem o mesmo tempo de duração de 3 s.

O RTS foi aplicado em filtro de banda larga 100 *points* (646,00 Hz) e em filtro de banda estreita 1024 *points* (63,09 Hz), com taxa de captação de 11 kHz e 16 *bits* de conversão analógico-digital, em janela de 5 kHz. Os resultados dessas análises espectrográficas formaram o banco de imagens que foi analisado pelos juízes do presente estudo.

A análise espectrográfica da vogal /a:/ de cada criança foi realizada individualmente por três fonoaudiólogos juízes com experiência na área de voz, com base em protocolo específico, elaborado e utilizado no LabVoz - UFSM, que se utiliza de escala analógico-visual linear de 100 mm em cada parâmetro a ser analisado. Os juízes receberam as Espectrografias de Banda Estreita (EBE) e as Espectrografias de Banda Larga (EBL) do grupo de crianças a ser avaliadas e os

protocolos de avaliação por meio do *Dropbox*, sendo orientados a configurar seus computadores da seguinte forma: a tela deveria ser LCD ou LED, ajustar a resolução para o valor de 1366 x 768 *pixels*, em orientação horizontal. O preenchimento do protocolo de avaliação espectrográfica foi realizado no próprio *Dropbox,* acessado pelas pesquisadoras via *internet*. Após, foi realizado o cálculo da média aritmética das análises dos três juízes avaliadores.

Conforme o protocolo de avaliação espectrográfica, na EBL foram avaliados os seguintes parâmetros: intensidade da cor do traçado dos F (F1, F2, F3 e F4), das baixas, médias e altas frequências e de todo o espectrograma vocal; regularidade do traçado em todo espectrograma vocal e nas baixas, médias e altas frequências; definição, regularidade e largura de banda de F1, F2, F3 e F4; e anti-ressonância imediatamente acima de F1, em todo espectrograma vocal e nas baixas, médias e altas frequências. Na análise da EBE, foram avaliados: intensidade da cor do traçado, definição, regularidade e número de harmônicos, presença de sub-harmônicos, presença de ruído e substituição de harmônicos por ruído nas baixas, médias e altas frequências e em todo espectrograma vocal (TITZE, 1994; BATALLA et al., 2000; BATALLA et al., 2004; SCHWARZ, CIELO, 2009; CÔRTES, GAMA, 2010; SPRECHER, OLSZEWSKI, JIANG, 2010; VALENTIM, CÔRTES, GAMA, 2010; ZIMMER, CIELO, FINGER, 2010; RODRIGUEZ-PARRA et al., 2011; BATALLA et al., 2012; CIELO, CHRISTMANN, 2014; FALCÃO et al., 2014; CIELO et al., 2015). Para a análise dos parâmetros, foram consideradas baixas frequências aquelas abaixo de 1500 Hz, médias frequências entre 1500 e 3000 Hz e altas frequências acima de 3000 Hz (BATALLA et al., 2000; BATALLA et al., 2004; SPRECHER, OLSZEWSKI, JIANG, 2010).

Os dados foram tabulados e foi aplicado o teste de normalidade Shapiro Wilk para verificar a distribuição das variáveis. Após, foram aplicados testes não paramétricos devido a não normalidade dos dados. Foi aplicada a análise de correlação de Spearman e Teste de Kruskall Wallis para comparação dos grupos, o nível de confiança adotado foi de 95%, a população foi descrita por meio da média dos parâmetros, desvio-padrão e frequência e posterior discussão dos resultados conforme a literatura.

2 ARTIGO 1: TEMPOS MÁXIMOS DE FONAÇÃO, IDADE E ESTATURA DE CRIANÇAS SEM DISFONIA DE 4:00 A 7:11 ANOS DE IDADE

Carla Franco Hoffmann[1]; Leila Susana Finger[2]; Carla Aparecida Cielo[3]

[1] Fonoaudióloga, Mestre e Doutoranda em Distúrbios da Comunicação Humana/Universidade Federal de Santa Maria – RS.

[2] Fonoaudióloga, Doutora em Distúrbios da Comunicação Humana/Universidade Federal de Santa Maria – RS

[3] Fonoaudióloga, Mestre e Doutora em Linguística Aplicada, Departamento de Fonoaudiologia/UFSM, Bolsista de Produtividade 2 CNPq

Objetivo: descrever os tempos máximos de fonação e verificar sua relação com idade e estatura de crianças sem disfonia de 4:00 a 7:11 anos de idade. **Métodos**: investigação transversal, quantitativa, retrospectiva em banco de dados. Analisados os registros dos tempos máximos de fonação das vogais /a/, /i/, /u/, da idade e da estatura de 299 crianças entre 4:00 a 7:11 anos de idade, com audição normal e sem disfonia. **Resultados**: maioria de meninas; valores de tempos conforme a literatura; correlação positiva entre tempos máximos de fonação, idade e estatura. **Conclusão**: os tempos máximos de fonação das crianças ficaram dentro dos valores da literatura e foram influenciados pela estatura e idade.

Palavras-chave: Acústica, Crianças, Disfonia, Fonação, Voz.

INTRODUÇÃO

A avaliação do Tempo Máximo de Fonação (TMF) consiste em quantificar, em segundos, a capacidade do indivíduo em sustentar um som, geralmente vogais, sem esforço vocal. Por meio da medida de TMF é possível comparar os valores intra e intersujeitos e avaliar a coordenação entre o sistema respiratório e o funcionamento laríngeo à fonação. Na infância, geralmente, os valores de TMF acompanham a idade cronológica das crianças em um segundo por ano de idade [1-5].

A Capacidade Vital (CV), quantidade de ar que pode ser expirada dos pulmões após uma inspiração máxima, influencia diretamente os valores de TMF [1,5,6]. E, dentre os fatores que interferem na função pulmonar, os que apresentam maior influência são o sexo, a estatura e a idade, [1,5].

O crescimento laríngeo acompanha o crescimento corporal, por isso crianças maiores terão o tamanho de laringe maior, o que se reflete na produção vocal. As características vocais infantis dependem do grau de maturação do Sistema Nervoso Central, do amadurecimento físico, cognitivo, emocional e do crescimento adequado

das pregas vocais. Até a puberdade, a laringe é bastante semelhante em ambos os sexos e, apenas baseando-se na voz em emissão sustentada, é difícil realizar a discriminação do sexo do falante [2-4,6].

Em revisão de literatura no período de 2001 a 2016 sobre análise vocal na infância, foram encontradas apenas duas pesquisas sobre os TMF. Um dos trabalhos dividiu as crianças em grupos etários de 4:00 a 6:00, 7:00 a 9:00 e 10:00 a 12:00 anos. Ocorreu diferença de TMF entre os grupos de idades mais distantes. Noutro trabalho, observou-se pequena diferença nas médias dos TMF nas crianças de 4:00 a 6:00 anos. Ambos os estudos concluíram que os TMF aumentaram conforme a idade, mas não realizaram cálculo de correlação. Porém, o aumento foi significativo somente até os 9:00 anos [7].

Tais resultados denotam que os TMF são influenciados pelo desenvolvimento anatômico da laringe, com aumento progressivo até os 9:00 anos. A partir desta idade, o crescimento anatômico se torna mais lento, com menor interferência nos valores de TMF, que sofrerão maior impacto no período da muda vocal [7].

A partir do exposto, observa-se que a coleta dos TMF é um método de avaliação prático, não invasivo, de grande utilidade na prática clínica, principalmente na avaliação de crianças, em que há grande lacuna de evidências científicas. A interpretação dos dados deve considerar os fatores que podem influenciar tais resultados, como a idade e estatura dos sujeitos, principalmente de crianças por estarem em processo de modificação corporal. Assim, o presente trabalho pretende descrever os TMF e verificar sua relação com idade e estatura de crianças sem disfonia de 4:00 a 7:11 anos.

MÉTODOS

Aspectos bioéticos

Investigação realizada por meio de banco de dados de pesquisa maior, caracterizada como transversal, quantitativa e retrospectiva. A coleta de dados iniciou após a aprovação da pesquisa inicial no Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos (CEP) da instituição de origem (0306.0.243.000-10)[8]. As escolas deveriam concordar com o Termo de Autorização Institucional (TAI), os pais e/ou responsáveis deveriam concordar com o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) e a criança deveria concordar em participar da pesquisa [8].

A presente pesquisa, utilizando-se dos registros armazenados, foi realizada também mediante aprovação do CEP (57327616.3.0000.5346).

Seleção da amostra

A coleta de dados da pesquisa inicial foi realizada em escolas de um município de aproximadamente 35 mil habitantes, de clima subtropical e estações climáticas bem definidas. As escolas foram listadas em ordem alfabética e por rede de ensino e, após, sorteadas: a cada três escolas uma era excluída, até a amostra estar completa. Segundo o cálculo amostral, com significância de 5%, a pesquisa deveria conter no mínimo 385 crianças.

Foram aplicados os seguintes critérios de inclusão: crianças com idades entre 4:00 e 7:11 anos; no dia da avaliação não apresentar disfonia; anuência dos pais e/ou responsáveis em assinar o TCLE e a concordância da criança [2-4]. Foram excluídas as crianças com: relato dos pais de desenvolvimento neuropsicomotor alterado/atrasado, alterações psiquiátricas, neurológicas, posturais ou pulmonares, síndromes; observação de deformidades físicas e alterações estruturais graves e congênitas que pudessem comprometer a fonação ao nível respiratório, fonatório e/ou articulatório; estar sob tratamento fonoaudiológico para a voz; histórico de cirurgia ou má formação na região orofacial que impedissem a adequada produção vocal nas avaliações, gripe e alergias respiratórias que limitassem o desempenho no dia das avaliações, participar de corais [2]; suspeita de perda auditiva investigada por triagem realizada por fonoaudióloga (Res.364/09 e Res.274/01 Conselho Federal de Fonoaudiologia).

Crianças menores de 4:00 anos foram excluídas devido à complexidade das tarefas de avaliação e crianças maiores de 7:11 anos foram excluídas a fim de evitar influência de fatores hormonais [2,3]. Foram enviados 3.240 TCLE, 2.021 retornaram e foram aplicados os critérios de seleção, restando 299 crianças sem disfonia com idade entre 4:00 e 7:11 anos.

Os pais responderam a um questionário sobre o histórico de saúde da criança e dados de identificação. Para a classificação das vozes, foi realizada a análise perceptivo-auditiva da produção vocal, por meio da aplicação do protocolo CAPE-V, criado pela American Speech-Language-Hearing Association [9] adaptado ao Português Brasileiro [10]. As crianças repetiram as seis frases do protocolo, pois tinham pouca idade para ler, emitiram as vogais /a/ e /i/ após uma inspiração

profunda, em *pitch*, *loudness* e qualidade habituais, em posição ortostática e um trecho de 20 segundos de fala espontânea através de uma pergunta sobre as aulas de educação física e/ou sobre o recreio da escola.

Para a presente pesquisa, as gravações do CAPE-V armazenadas foram enviadas para três fonoaudiólogas especialistas em voz, com mais de três anos de experiência profissional [2,7]. As juízas apresentavam audiometria normal e analisaram individualmente as gravações enviadas por meio de CD. Foram orientadas a realizar as análises utilizando fones de ouvido intra-auriculares, com atenção, em volume considerado confortável [11]. Os parâmetros de *pitch* e de *loudness* foram ignorados devido à sua dependência do conhecimento de sexo e do contexto da comunicação. Foram avaliados os parâmetros: grau global, rugosidade, soprosidade e tensão, as juízas também foram orientadas a não incluírem outros parâmetros da qualidade vocal. As juízas desconheciam o objetivo da pesquisa, idade e sexo das crianças, não participaram como autoras do trabalho e assinaram um TCLE concordando em participar como juízas.

Foi utilizada uma escala analógica linear, com 10 cm de extensão (de 0 a 100 mm), cada juíza marcou a sua classificação quanto ao grau do desvio de cada parâmetro. Foi considerada a média das avaliações das três juízas em cada um dos itens do protocolo CAPE-V [12].

A partir dos resultados, as vozes foram classificadas com ou sem disfonia. Foram classificadas crianças com disfonia aquelas que apresentaram o grau geral de alteração maior do que 33 mm (considerado grau discreto), conforme as características vocais consideradas normais para crianças como rouquidão e soprosidade em grau discreto [3,4,12]. Os registros das crianças foram divididos em quatro grupos conforme a idade em anos: 4:00 a 4:11; 5:00 a 5:11; 6:00 a 6:11 e 7:00 a 7:11 anos.

Coleta de dados

Os dados coletados estavam armazenados em banco de dados, disponível no computador do laboratório de voz.

Todas as crianças selecionadas foram orientadas a emitir o TMF das vogais /a/, /i/, /u/, após uma inspiração profunda, em *pitch*, *loudness* e qualidade habituais, em posição ortostática [2,4]. Foram coletadas e gravadas digitalmente três medidas de TMF e considerado o maior valor de sustentação em segundos.

As emissões vocais foram registradas por meio de gravador profissional digital marca *Zoom*, modelo H4n, com a configuração de captação do sinal de 96 kHz, 16 *bits*, captação do sinal de entrada regulada em 50%. Acoplado ao gravador estava o microfone *Behringer* ECM 8000, omnidirecional, com faixa plana de captação de frequências de 15 a 20 kHz, posicionado a uma distância fixa de 4 cm para a gravação dos TMF e 10 cm para a fala (CAPE-V), em frente e a 90º da boca dos falantes, em sala com ruído ambiental inferior a 50 dBNPS, aferido por meio de medidor de nível de pressão sonora digital Icel-DL-4200 [4,8].

A estatura foi verificada por meio de um estadiômetro (Caumaq Ltda), fixado em parede plana, sem rodapé. Os participantes foram orientados a ficar em posição ortostática e descalços [3].

Análise dos dados

Os registros do banco de dados foram selecionados e tabulados. Após, foi aplicado o teste de normalidade Shapiro Wilk para verificar a distribuição das variáveis. Como as variáveis não tiveram distribuição normal, foram aplicados testes não paramétricos. Foi realizado teste de correlação de Spearman e Teste de Kruskall Wallis para comparação dos grupos. O nível de confiança adotado foi de 95%, a população foi descrita por meio da média, desvio-padrão e frequência.

RESULTADOS

Na tabela 1, são expostas as medidas descritivas das variáveis sexo, idade e TMF, foi realizada a comparação da distribuição de médias dos TMF e idade, sem valor significativo.

Na tabela 2, são apresentados os dados descritivos da amostra de acordo com a faixa etária.

Na tabela 3, os dados de TMF, idade e estatura foram correlacionados.

Tabela 1- Caracterização geral da amostra em relação ao sexo, idade e TMF

	(%)	(n)	
Meninas	53,17	159)	
Meninos	46,83	140	
	Média	**DP**	**p-valor**
Idade (anos)	5,69	1,04	
TMF /a/ (s)	4,20	1,99	0,141
TMF /i/ (s)	4,20	2,06	0,100

TMF/u/ (s)	4,16	1,93	0,211
Estatura (m)	1,15	0,08	

Legenda - m: metros; s: segundos; DP: desvio-padrão

Teste de Kruskal-Wallis/ *Valores significantes

Tabela 2- Média dos TMF e estatura conforme a idade

Faixas Etárias (anos)	Sujeitos (%)	TMF/a/ (s)	DP	TMF /i/ (s)	DP	TMF/u/ (s)	DP	Estatura (m)	DP
4:00-4:11	49 (16,38)	3,2	1,42	3,04	1,24	3	1,06	1,07	0,05
5:00-5:11	74 (24,74)	3,89	1,54	3,93	1,75	3,93	1,55	1,12	0,04
6:00-6:11	37 (32,44)	5,09	2,25	5,09	2,25	5,06	2,18	1,2	0,06
7:00-7:11	79 (26,42)	4,01	1,9	4,14	2,09	3,97	1,88	1,16	0,09

Legenda - DP: Desvio-padrão; s: segundos; m: metros; TMF: Tempos Máximos de Fonação; DP: desvio-padrão

Tabela 3 Coeficiente de correlação entre idade, estatura e TMF

	r	p-valor
Idade x TMF/a/	0,51	
Idade x TMF/i/	0,52	
Idade x TMF/u/	0,50	<0,005*
Estatura x TMF/a/	0,40	
Estatura x TMF/i/	0,41	
Estatura x TMF/u/	0,42	

Legenda - TMF: Tempos Máximos de Fonação

Teste de Correlação de Spearman

*Valores significantes

DISCUSSÃO

Os resultados permitem caracterizar a amostra com média de idade de 5,7 anos, maioria percentual de meninas, com TMF discretamente abaixo do esperado para a média de idade, mas sem significância estatística (Tabela 1).

Aos 6:00 a 6:11 anos de idade, os TMF foram mais próximos da normalidade, bem como houve maior estatura média; aos 7:00 a 7:11 anos, os TMF ficaram mais distantes da normalidade e a estatura média foi menor do que aos 6:00 a 6:11 anos. Houve maior aumento de estatura dos 4:00 a 4:11, para os 5:00 a 5:11 anos e dos 5:00 a 5:11 para os 6:00 a 6:11 anos (Tabela 2).

Para as vogais analisadas na pesquisa citada [13], houve diferença estatisticamente significante nas idades mais distantes, ou seja, entre 4:00 e 10:00, 4:00 e 9:00, e 4:00 e 8:00 anos. Entre faixas etárias mais próximas entre si a

diferença entre as médias não foi significante. Este fato demonstra que, com o avançar da idade e aumento da estatura, a criança adquire maior tempo de sustentação das vogais /a/, /i/ e /u/ [13]. Isso está de acordo com os resultados deste trabalho, com exceção da vogal /u/ aos 7:00 anos que foi diminuída (Tabela 2).

Em estudo com 71 crianças de 6:00 a 10:00 anos de idade sem queixas vocais, os valores de TMF de /a/, /i/ e /u/ foram 10,44 s; 11,22 s e 10,09 s para as meninas e 9,90 s; 10,69 s e 10,19 s para os meninos, nas idades de 6:00, 7:00 e 8:00 anos respectivamente. A estatura média dos sujeitos (em cm) encontrada de acordo com a idade foi: 112,7 cm para 4:00 anos, 115,5 cm para 5:00 anos, 120,0 cm para 6:00 anos, 127,0 cm para 7:00 anos [13]. Todos esses dados, com exceção da estatura aos 6:00 anos, divergiram do presente trabalho cujos resultados foram menores.

Pesquisa com 20 sujeitos com faixa etária entre 10:00 e 18:00 anos, coralistas, avaliou os TMF e os comparou com a idade cronológica. Concluiu-se que a maioria percentual apresentou TMF acima do indicado pela literatura, resultado que pode ter relação com a demanda e treino vocal [13]. Isto discorda dos resultados deste estudo que encontrou os TMF de crianças de 4:00 a 7:11 anos acompanhando o aumento de idade e dentro do previsto pela literatura, ocorrendo o mesmo com os trabalhos citados a seguir.

Para o público infantil, os valores de TMF em segundos acompanham o valor da idade cronológica da criança em anos [1,3,5]. A idade cronológica também acompanhou os valores dos TMF de /a/, /s/ e /z/ em pesquisa com 1660 crianças com faixa etária entre 4:00 e 12:00 anos [3].

Pesquisa com 23 crianças pré-escolares, com idade entre 4 e 6:8 anos encontrou TMF da vogal /a/ de 5,77 s na faixa etária de 4 anos, 7,16 s no grupo de 5 anos e 10,32 s no grupo de 6 anos, os menores valores na faixa etária dos 4 anos foram relacionados à imaturidade neurológica em coordenar a sustentação dos TMF [2].

Em estudo com 106 crianças respiradoras nasais na faixa etária entre 4:00 e 10:00 anos, divididas em faixas de 4:00, 5:00, 6:00, 7:00, 8:00, 9:00 e 10:00, foi encontrada média aproximada de 5 s para as vogais na faixa de 4 anos, 6 s na faixa de 5 anos, 6 s na faixa de 6 anos e 9 s na faixa de 7 anos [1].

Na amostra estudada, os resultados dos TMF foram menores, mas não houve significância estatística, mostrando que se encontram dentro da faixa de normalidade, e também aumentaram com a idade (Tabelas 1 e 2).

Estudo com 180 crianças divididas em dois grupos, com faixa etária entre 7:00 e 10:00 anos, concluiu que os TMF de /a/, /i/ e /u/ acompanharam a faixa etária das crianças menores no grupo de estudo e ficaram abaixo do esperado no grupo de controle. As crianças do grupo de estudo viviam em situação de rua e utilizavam a voz de maneira diferente, pois tinham que vender mercadorias na rua para o sustento financeiro [4].

Em pesquisa com 60 crianças de faixa etária entre 6:00 e 17:11, foram avaliadas medidas aerodinâmicas de acordo com o sexo e idade. Na faixa etária dos 6:00 aos 9:11, a média de TMF foi de 11,3 s para meninas e 12,5 s para meninos. A faixa etária dos 14:00 aos 17:11 apresentou maiores valores de TMF, volume expiratório e resistência aerodinâmica quando comparados à faixa etária dos 6:00 aos 9:00 [5].

No presente trabalho, os TMF apresentaram correlação positiva moderada com a estatura e a idade, concordando com os trabalhos citados anteriormente em relação à idade e com a escassa literatura que mostra aumento da estatura e de TMF [1] (Tabela 3).

A estatura está relacionada com a medida de CV, cuja finalidade é avaliar a quantidade de ar pulmonar do indivíduo. A CV é influenciada por fatores como faixa etária, sexo e condições de saúde [5,6]. O Consenso sobre Espirometria listou fatores que interferem na função pulmonar, sendo os principais o sexo, a estatura e a idade, nesta ordem. O sexo responde por 30% da variação pulmonar, os volumes pulmonares são maiores no sexo masculino. Porém, na infância, a estatura é o fator que exerce a maior influência sobre a CV, devido ao fato do crescimento e capacidade pulmonar acompanhar o aumento da estatura [1,5]. Isto converge para o resultado de correlação positiva entre a estatura e os TMF no presente estudo (Tabela 3).

Quanto à idade, este trabalho encontrou correlação com os TMF (Tabela 3). A literatura pesquisada também encontrou aumento de TMF com o aumento da idade, mas não apresentou qualquer menção à existência de correlação positiva entre essas variáveis [1,3,4].

Artigo de revisão de literatura [7] citou publicações em diferentes bases de dados, porém, foram encontrados poucos trabalhos sobre o tema, o mesmo ocorrendo com a presente pesquisa. Portanto, a escassez de estudos recentes sobre TMF de crianças é um limitador para a discussão de resultados. O presente trabalho fornece dados atuais sobre os TMF e suas variáveis e pretende contribuir para atualização profissional no atendimento de crianças.

CONCLUSÃO

No grupo de crianças com média de 5,7 anos de idade, os TMF apresentaram-se em 4 s, estando dentro do proposto pela literatura. Quanto maior a estatura e a idade, maiores foram os valores de TMF.

Apoiadores

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] Fabron, EMG, Santos GR, Castro PG. Medidas da dinâmica respiratória em crianças de quatro a dez anos. Pró-Fono R. Atual. Cient.,2006; 18(3): 313-322.

[2] Cielo, CA, Cappellari, VM. Maximum phonation time in pre- school children. Rev Bras de Otorrinol, 2008; 74(4), 552-560.

[3] Tavares, ELM, Brasolotto, A, Padovan, MF, Martins, RHG. Epidemiological study of dysphonia in 4-12 year-old children. Braz J of Otorhinolaryngology,2011; 77(6), 736-746.

[4] Sales, NJ, Queiroz, GR, Rebelo,GMI, Oliveira, CE, Prado-Barreto, VM, Todt-Neto, JC, Neyra, CDF, Sampaio, J. Vocal Function and Vocal Discomfort in Sheltered and Non-Sheltered 7- to 10-Year-Old School Children in Aracaju, Brazil. JVoice, 2013; 27(5):180-187.

[5] Weinrich B, Brehm SB, Knudsen C, McBride S, Hughes M. Pediatric Normative Data for the KayPENTAX Phonatory Aerodynamic System Model 6600. JVoice, 2013; 27(1): 46-56.

[6] Kallvik, E, Savolainen, J, Simberg, S. Vocal Symptoms and Voice Quality in Children With Allergy and Asthma. JVoice, 2017, 31(4): 515-519.

[7] Ramos, LA, Souza, BO, Gama, AC. Vocal analysis in children: an integrative review. Distúrb.Comun, 2017, 29(1), 20-32.

[8] Finger, LS. Características vocais de crianças relacionadas com idade e indicadores antropométricos [tese]. Universidade Federal de Santa Maria, 2015.

[9] Behlau M. Consensus Auditory- Perceptual Evaluation of Voice.(CAPE-V),ASHA 2003. Refletindo sobre o novo. Rev Soc Bras Fonoaudiol. 2004;9(3):187-189.

[10] Finger, LS, 2, CA, Schwarz, K. Acoustic vocal measures in women without voice complaints and with normal larynxes. Braz J of Otorhinol, 2009, 75(3): 432-440.

[11] Oliveira, RC, Teixeira, LC, Gama, ACC, Medeiros, AM. Auditory-perceptive, acoustic and vocal self-perception analyses in children. J. Soc. Bras. Fonoaudiol, 2011, 23(2):158-163.

[12] Rockenbach, SP, Feijó, AV. Estudo do tempo máximo de fonação em crianças de 6 a 10 anos de idade. Pró-Fono, 2000, 12 (2):81-85.

[13] Rosa, MB, Prestes, R, Margall, SAC. Characterization of the vocal aspects of a children's choir. Rev CEFAC, 2014,16(5): 1606-1614.

3 Artigo 2 CARACTERÍSTICAS VOCAIS ACÚSTICAS ESPECTROGRÁFICAS DE CRIANÇAS SEM DISFONIA DE 4:00 A 7:11 ANOS DE IDADE

Carla Franco Hoffmann[1]; Leila Susana Finger[2]; Carla Aparecida Cielo[3]

[1] Fonoaudióloga, Mestre e Doutoranda em Distúrbios da Comunicação Humana/Universidade Federal de Santa Maria – RS.

[2] Fonoaudióloga, Doutora em Distúrbios da Comunicação Humana/Universidade Federal de Santa Maria – RS

[3] Fonoaudióloga, Mestre e Doutora em Linguística Aplicada, Departamento de Fonoaudiologia/UFSM, Bolsista de Produtividade 2 CNPq

Objetivo: descrever as características vocais acústicas espectrográficas de crianças sem disfonia de 4:00 a 7:11 anos de idade. **Métodos**: Foram analisadas as espectrografias de banda larga e banda estreita da vogal /a/ de 299 crianças, entre 4:00 a 7:11 anos de idade, com audição normal e sem disfonia. **Resultados**: na espectrografia de banda estreita, observou-se em **grau normal**: presença de ruído das baixas frequências; substituição de harmônico por ruído nas médias e altas frequências e em todo o espectrograma; definição e regularidade nas baixas, médias e altas frequências e em todo o espectrograma; número de harmônicos nas baixas e médias frequências. Em **grau leve**: intensidade da cor do traçado nas médias e altas frequências e em todo o espectrograma; presença de ruído nas altas frequências e em todo o espectrograma; substituição de harmônico por ruído nas baixas frequências; número de harmônicos nas altas frequências e em todo o espectrograma; presença de sub-harmônicos nas médias frequências e em todo o espectrograma. Em **grau moderado**: intensidade da cor do traçado nas baixas frequências; presença de ruído nas médias frequências; presença de sub-harmônicos nas altas frequências. Na espectrografia de banda larga a definição e largura de F4 e a anti-ressonância foram normais, os demais parâmetros foram classificados em grau leve **Conclusão**: A maioria das características espectrográficas das crianças estudadas foi classificada em grau normal ou leve e sugerem presença de discreta rouquidão, nasalidade e soprosidade, consideradas normais em crianças.

Palavras-chave: Acústica, Crianças, Disfonia, Fonação, Voz.

INTRODUÇÃO

A espectrografia é a tradução de um sinal sonoro em dado gráfico, considerada uma análise perceptivovisual, subjetiva. Por meio da espectrografia vocal, podem-se analisar a frequência fundamental, os harmônicos e a pressão sonora dos sons da voz e da fala. Desse modo, proporciona informações quanto à fonte glótica, à postura do trato vocal e às características das vogais e consoantes [1- 4].

Na prática clínica, uma das vantagens da espectrografia vocal é comparar dados do início e ao longo do processo terapêutico. Isto permite que o terapeuta e o paciente tenham resultados concretos sobre a evolução do caso [1-3, 5].

A espectrografia da voz infantil, quando comparada a da voz adulta, apresenta diferenças. A voz infantil mostra formantes (F) mais agudos do que a voz adulta devido ao menor trato vocal favorecedor da produção de frequências maiores [1]. Na voz infantil, os harmônicos são mais intensos e apresentam distribuição mais espaçada por serem mais agudos [4,6].

A análise vocal acústica é considerada complementar à avaliação perceptivo-auditiva. A *American Speech-Language-Hearing Association* orienta que dentre as avaliações vocais, tanto de adultos como de crianças, a análise acústica seja realizada [1,3]. No caso da população infantil, o uso de métodos avaliativos rápidos e não-invasivos como as análises acústicas da voz é importante. Porém, são poucos os estudos atuais que abordam o tema.

O objetivo do presente estudo é descrever as características vocais acústicas espectrográficas de crianças sem disfonia de 4:00 a 7:11 anos de idade.

MÉTODOS

Pesquisa quantitativa, transversal, retrospectiva em banco de dados. A investigação que originou os dados foi aprovada no Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos (CEP) da instituição de origem (0306.0.243.000-10), aplicação do Termo de Autorização Institucional (TAI), Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) aos pais e aceite da criança em participar [7].

A presente pesquisa, baseada no banco de dados, foi aprovada no CEP (57327616.3.0000.5346), as juízas que analisaram as espectrografias assinaram o TCLE correspondente.

Amostra

A coleta de dados foi em campo, as escolas do município foram listadas, em ordem alfabética e, após, randomizadas, a cada três, uma era excluída. As crianças as quais os pais assinaram os TCLE e aceitaram participar passaram pelos critérios de seleção.

Por meio de questionário enviado aos pais e avaliação fonoaudiológica, foram aplicados os seguintes critérios de inclusão: crianças com idades entre 4:00 e 7:11 anos [8,9]; não apresentar disfonia. Foram excluídas da pesquisa as crianças com: relato de desenvolvimento neuropsicomotor atrasado, alterações psiquiátricas, neurológicas, posturais ou pulmonares, síndromes; observação de deformidades físicas e alterações estruturais graves e congênitas que pudessem comprometer a fonação ao nível respiratório, fonatório e/ou articulatório; estar sob tratamento fonoaudiológico para a voz; histórico de cirurgia ou malformação na região orofacial que impedissem a adequada produção vocal nas avaliações, gripe e alergias respiratórias que limitassem o desempenho no dia das avaliações, participar de corais, perda auditiva [10].

Procedimentos para seleção da amostra

Foram selecionadas as crianças sem disfonia por meio de avaliação perceptivo-auditiva da voz. Utilizou-se o protocolo Consenso da Avaliação Perceptivo Auditiva da Voz *(*CAPE-V) (ASHA, 2002) adaptado ao Português Brasileiro [11]. O CAPE-V consiste na leitura de seis frases, emissão de um trecho de 20 s de fala espontânea e emissão sustentada das vogais /a/ e /i/. Devido à idade das crianças, a leitura das frases foi adaptada para repetição e a fala espontânea foi coletada através de uma pergunta sobre as aulas de educação física e/ou sobre o recreio da escola.

As emissões vocais foram gravadas e enviadas a três fonoaudiólogas juízas com experiência em voz, cegadas quanto aos objetivos da pesquisa, idade e sexo das crianças. Foram orientadas a marcar na régua de 10 cm (100 mm) do protocolo o grau de alteração, conforme os parâmetros do CAPE-V, excetuando-se os parâmetros de *pitch* e *loudness*. Foram consideradas crianças com disfonia aquelas que apresentaram o grau geral de alteração maior que 33 mm, conforme as características vocais consideradas normais para crianças, como rouquidão e soprosidade em grau discreto [8,9,12,13].

Para excluir crianças com suspeita de perda auditiva foi realizada triagem auditiva, por meio da varredura de tons puros nas frequências de 1000 a 4000 Hz a 20 dB (Res.364/09 Conselho Federal de Fonoaudiologia), em sala silenciosa verificada por medidor de nível de pressão sonora digital Icel- DL-4200 (Res.274/01 Conselho Federal de Fonoaudiologia).

O cálculo amostral, com significância de 5%, indicou, no mínimo 395 crianças para compor a amostra. Foram enviados 3.240 TCLE, 2.021 retornaram e foram aplicados os critérios de seleção, restando 299 crianças sem disfonia com idade entre 4:00 e 7:11 anos, sendo 159 meninas e 140 meninos.

Coleta dos dados

As crianças selecionadas deveriam realizar a emissão das vogais /a/ e /i/ sustentada durante toda a expiração após uma inspiração profunda, em *pitch*, *loudness* e qualidade habituais, em posição ortostática [10,14]. Foi utilizado gravador profissional digital marca *Zoom*, modelo H4n, com a configuração de captação do sinal de 96 kHz, 16 *bits*, regulada em 50% do volume de entrada, com microfone *Behringer* ECM 8000 acoplado, omnidirecional, com faixa plana de captação de frequências de 15 a 20 kHz. O microfone foi posicionado a uma distância fixa de 4 cm para as vogais /a/ e /i/ e 10 cm para a fala (CAPE-V), em frente e a 90º da boca da criança, em sala com ruído ambiental inferior a 50 dBNPS, verificado por meio de medidor de nível de pressão sonora digital Icel- DL- 4200 [8].

Para a análise espectrográfica vocal, foi utilizado o programa *Real Time Spectrogram* (RTS) da *KayPentax*®, sendo descartados o início e o término da emissão da vogal /a/ para que as condições pouco estáveis, não influenciassem a análise dos dados [3,15]. O intervalo de tempo para a janela de análise acústica foi padronizado conforme o menor tempo de sustentação da vogal /a/ dentre todas as crianças. Assim, todas as emissões analisadas (em cada faixa etária) pelo RTS tiveram o mesmo tempo de duração de 3 s.

O RTS foi aplicado em filtro de banda larga 100 *points* (646.00 Hz) (EBL) e em filtro de banda estreita 1024 *points* (63.09 Hz) (EBE), com taxa de captação de 11 kHz e 16 *bits* de conversão analógico-digital, em janela de 5 kHz. Os resultados dessas análises espectrográficas formaram o banco de imagens que foi analisado pelos juízes do presente estudo.

A análise das imagens espectrográficas da vogal /a/ de cada criança foi realizada individualmente por três fonoaudiólogos juízes com base em protocolo

específico que utilizou escala analógico-visual linear de 100 mm em cada parâmetro de análise, sendo posteriormente convertido em percentual. Os juízes receberam as EBL e EBE do grupo de crianças a ser avaliado, um exame de EBL e EBE como modelo para guiar a análise e os protocolos de avaliação por meio do *Dropbox*. Foram orientados a configurar seus computadores da seguinte forma: tela LCD ou LED, resolução de 1366 x 768 *pixels*, orientação horizontal.

O preenchimento do protocolo de avaliação espectrográfica foi realizado no próprio *Dropbox* acessado via *internet*. Após, foi realizado o cálculo da média aritmética das análises dos três juízes avaliadores e os resultados de 0 a 34 mm foram considerados como grau normal; 34,1 a 51 mm grau leve; 51,1 a 63,5 mm grau moderado; 63,6 a 77,5 mm grau intenso; e grau extremo acima de 77,5 mm [13].

Na EBL, foram avaliados os seguintes parâmetros: intensidade da cor do traçado de F1, F2, F3 e F4, das baixas, médias e altas frequências e de todo o espectrograma vocal; regularidade do traçado em todo espectrograma vocal e nas baixas, médias e altas frequências; definição, regularidade e largura de banda de F1, F2, F3 e F4; e anti-ressonância imediatamente acima de F1, em todo espectrograma vocal e nas baixas, médias e altas frequências. Na análise da EBE, foram avaliados: intensidade da cor do traçado; definição, regularidade e número de harmônicos; presença de sub-harmônicos; presença de ruído e substituição de harmônicos por ruído; esses aspectos foram analisados nas baixas, médias e altas frequências e em todo espectrograma vocal [3, 16-20].

Para a análise dos parâmetros, foram consideradas baixas frequências aquelas até 1500 Hz, médias frequências entre 1500 e 3000 Hz e altas frequências acima de 3000 Hz [21, 22]. Para a comparação de resultados, os valores foram considerados em porcentagem.

Análise dos dados

Na análise dos dados, foi realizada a média aritmética e desvio-padrão dos parâmetros analisados, bem como a classificação de grau.

RESULTADOS

A amostra foi composta por 299 crianças, com média de idade de 5,06 anos e maioria percentual 53,17% (n = 159) de meninas.

Na tabela 1, são apresentados os resultados descritivos da EBE. Na tabela 2, são apresentados os resultados descritivos da EBL.

Tabela 1 – Resultados da EBE de crianças de 4:00 a 7:11 anos de idade

		Média(%)	DP	Grau
Intensidade da cor do traçado	Baixas frequências	56,9	33	Moderado
	Médias frequências	42	20	Leve
	Altas frequências	42	6,2	Leve
	Todo o espectrograma	41,6	5	Leve
Presença de ruído	Baixas frequências	11,5	10	Normal
	Médias frequências	51,4	5	Moderado
	Altas frequências	49,6	5	Leve
	Todo o espectrograma	41,1	10	Leve
Substituição de harmônicos por ruído	Baixas frequências	48,4	5	Leve
	Médias frequências	14,4	5,2	Normal
	Altas frequências	28,1	0	Normal
	Todo o espectrograma	28,3	27	Normal
Definição e regularidade dos harmônicos	Baixas frequências	30,6	4,4	Normal
	Médias frequências	32	5	Normal
	Altas frequências	11,6	35	Normal
	Todo o espectrograma	16,9	9,7	Normal
Número de harmônicos	Baixas frequências	17,6	4,4	Normal
	Médias frequências	30,2	4	Normal
	Altas frequências	48,1	15,5	Leve
	Todo o espectrograma	40,4	13,8	Leve
Presença de sub-harmônicos	Baixas frequências	40,3	12,5	Leve
	Médias frequências	47,8	14,2	Leve
	Altas frequências	51,8	24,5	Moderado
	Todo o espectrograma	43,9	16,3	Leve

Legenda: DP- desvio-padrão
EBE: Espectrografia Banda Estreita

Tabela 2 – Resultados da EBL de crianças de 4:00 a 7:11 anos de idade

		Média	DP	Grau
Intensidade	F1	44,7	15,5	Leve
	F2	45,2	15	Leve
	F3	39,2	8	Leve
	F4	39,2	5	Leve
	Baixas frequências	45	15	Leve
	Médias frequências	41,4	14,4	Leve
	Altas frequências	36	17	Leve
	Todo o espectrograma	43,5	30	Leve

Definição	F1	45,7	12	Leve
	F2	41,8	10	Leve
	F3	39,8	13	Leve
	F4	34	15	Normal
Regularidade	Baixas frequências	41,8	14,7	Leve
	Médias frequências	39,7	14,5	Leve
	Altas frequências	34,7	15	Leve
	Todo o espectrograma	37,5	18	leve
Largura	F1	42,5	14,8	Leve
	F2	41,2	14,4	Leve
	F3	36,6	26	Leve
	F4	18,7	55	Normal
Anti-ressonância	Logo após F1	18,9	15,5	Normal
	Baixas frequências	18,1	16,5	Normal
	Médias frequências	29,4	2,5	Normal
	Altas frequências	33,8	14,5	Normal
	Todo o espectrograma	30,2	14,06	Normal

Legenda: DP- desvio-padrão; F - formante
EBL: Espectrografia Banda Larga

DISCUSSÃO

Em nossa pesquisa, na EBE, observou-se em **grau normal**: presença de ruído das baixas frequências; substituição de harmônico por ruído nas médias e altas frequências e em todo o espectrograma; definição e regularidade nas baixas, médias e altas frequências e em todo o espectrograma; número de harmônicos nas baixas e médias frequências. Em **grau leve**: intensidade da cor do traçado nas médias e altas frequências e em todo o espectrograma; presença de ruído nas altas frequências e em todo o espectrograma; substituição de harmônico por ruído nas baixas frequências; número de harmônicos nas altas frequências e em todo o espectrograma; presença de sub-harmônicos nas médias frequências e em todo o espectrograma. Em **grau moderado**: intensidade da cor do traçado nas baixas frequências; presença de ruído nas médias frequências; presença de sub-harmônicos nas altas frequências (Tabela 1). Na EBL, a definição e largura de F4 e a anti-ressonância foram normais, os demais parâmetros foram classificados em grau leve (Tabela 2).

Estudo encontrou que os parâmetros perceptivo-auditivos de grau geral da disfonia, rouquidão/aspereza, soprosidade e instabilidade se relacionaram com traçado irregular dos harmônicos nos espectrogramas em mais de 66% dos casos

avaliados; quebras de sonoridade na voz, com falhas na continuidade do traçado em 62,5%; disfonia e instabilidade vocal, com ruído entre os harmônicos em 97,4%; disfonia, rouquidão/aspereza com diminuição da concentração de energia nas altas frequências em 48,7%; disfonia, rouquidão/aspereza e sub-harmônicos em 79,5% [3].

Na amostra estudada, foram consideradas como características vocais normais para crianças grau discreto de rouquidão, nasalidade e soprosidade devido às particularidades anatomofisiológicas próprias da idade [8,9,12,13]. Na EBE, a regularidade e definição dos harmônicos, relacionadas com rouquidão, aspereza e soprosidade foram maiores nas baixas, médias e altas frequências e em todo o espectrograma, em grau normal, e a presença de sub-harmônicos em grau leve, relacionada com rouquidão e aspereza, foi maior nas baixas e médias frequências e em todo o espectrograma (Tabela 1).

Em estudo com 30 crianças com voz normal, com idade entre 7:00 e 9:00 anos, comparadas com adultos e idosos foi observado maior número de F em 3,5 kHz, amplificação dos harmônicos nas baixas frequências, além de F1, F2, F3 mal definidos e irregulares quando comparados a adultos e idosos [23]. Em nosso estudo, o número de harmônicos foi maior nas médias e altas frequências, porém, foram mais definidos nas baixas frequências (Tabela 1).

Em pesquisa com 14 meninas entre 9:00 e 12:00 anos de idade, participantes de um coral foi aplicada EBE por meio de escala analógico-visual de 100 mm. Os resultados foram: instabilidade do traçado em 50,36 mm; ruído nas frequências baixas em 57,50 mm e nas altas em 53,57 mm; número de harmônicos em 42,50 mm; presença de sub-harmônicos em 14,86 mm [2]. Observam-se valores semelhantes à nossa pesquisa nos parâmetros presença de ruído e harmônicos nas frequências altas, mas a presença de sub-harmônicos apresentou valores maiores na nossa pesquisa (Tabela 1). Ressalta-se que no estudo supracitado foi utilizada a vogal /Ɛ:/, além da faixa etária maior que apresenta maior estabilidade e periodicidade da emissão do que crianças menores, fatos que podem justificar as diferenças encontradas ao se comparar os resultados.

Estudo com 320 crianças, com idades entre 4:00 e 11:00 anos, analisou as EBL conforme o aumento da idade das crianças. Concluiu-se que a energia espectral, em todas as frequências abaixo de 5,75 kHz aumentou conforme a idade e as acima de 5,75 kHz diminuíram. A diminuição da energia acima de 5,75 kHz é

atribuída ao desenvolvimento de padrões de fechamento glótico mais completo, resultando numa redução de escape aéreo durante a fonação. Em nosso estudo, tanto na EBE como na EBL (Tabela 1 e 2), as faixas de frequência até 5 kHz mostraram, no geral, grau leve de intensidade da cor do traçado, sugerindo discreto rebaixamento de pressão sonora.

Nos parâmetros intensidade da cor do traçado, definição e largura de banda dos F na EBL, houve sutil diminuição de valores ao se observar os dados do F1 até F4, principalmente no parâmetro “largura de banda” (Tabela 2). Em estudo com 20 bebês com idade entre 4 e 24 meses, foi observada diminuição na largura de banda de F com a idade. A largura de banda de F está relacionada com a presença de nasalidade na voz e com a funcionalidade do esfíncter velofaríngeo que é imatura até os 2:00 anos de idade [1].

As mudanças anatômicas do trato vocal com o avanço da idade foram comprovadas em estudo com 192 participantes, divididos conforme o sexo, com idades entre 4:00 e 93:00 anos, sendo seis crianças. As medidas de frequência fundamental, pressão sonora e da relação sinal-ruído tiveram grande variabilidade na faixa etária infantil devido às características laríngeas específicas da idade [24].

Fatores ambientais e comportamentais também podem influenciar nas medidas vocais acústicas, como em estudo com 871 crianças alemãs na faixa etária dos 7:00 aos 14:00 anos em que foram observados valores maiores de frequência fundamental no grupo de crianças classificadas como mais extrovertidas [25].

Nossa pesquisa visa a contribuir com a caracterização espectrográfica de vozes infantis consideradas sem disfonia, tema ainda pouco estudado, que contribuirá na identificação precoce de casos de disfonia bem como otimizará o processo terapêutico, uma vez que apresenta dados quantitativos acerca das características vocais espectrográficas de crianças. Como limitação do presente estudo, destaca-se o baixo número de artigos atuais sobre o assunto, principalmente com a população infantil, além da falta de padronização metodológica dos trabalhos publicados, dificultando a discussão dos achados.

CONCLUSÃO

A maioria das características espectrográficas das crianças estudadas foi classificada em grau normal ou leve e sugerem presença de discreta rouquidão, nasalidade e soprosidade, consideradas normais em crianças.

Apoiadores

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] Vorperian, HK, Kent, RD. Vowel Acoustic Space Development. JSLHR 2007; 50(6):1510-1545.
[2] Falcão, LMG, Masson, MLV, Oliveira, G, Behlau, M. Spectrographic analysis of the effect of vocal warm-up on the voice of choir girls. Audiol Commun Res., 2014; 19(4): 380-386.
[3] Valentim, AF, Côrtes, MG.; Gama, ACC. Efeito do treinamento com espectrogramas. Rev Soc Bras Fonoaudiol, 2010;15(3): 335-342.
[4] França, FP, Evangelista DS, Lopes LW. Revisão sistemática sobre os formantes e a produção da voz e fala. PROLING/UFPB; 2017, 12(1): 2-16.
[5] Lopes, LW, Alves, GAS, Melo, ML. Content evidence of a spectrographic analysis protocol. Rev CEFAC; 2017, 19(4):510-528.
[6] Rodríguez WR, Lleida, E. Formant Estimation in Children's Speech and its application for a Spanish Speech Therapy Tool. SLaTE2009; 2010, 3(4):80-84.
[7] Finger, LS. Características vocais de crianças relacionadas com idade e indicadores antropométricos [tese]. Universidade Federal de Santa Maria, 2015.
[8] Oliveira, RC, Teixeira, LC, Gama, ACC, Medeiros, AM. Auditory-perceptive, acoustic and vocal self-perception analyses in children. J Soc Bras Fonoaudiol. 2011; 23(2): 158-163.
[9] Tavares, ELM, Brasolotto, A, Santana, MF, Padovan, CA, Martins, RHG. Epidemiological study of dysphonia in 4-12 year-old children. Braz J Otorhinol,2011; 77(6): 736-746.
[10] Finger, LS, Cielo, CA, Schwarz, K. Acoustic vocal measures in women without voice complaints and with normal larynxes. Braz J Otorhinolaryngol. 2009; 75(3): 432-440.
[11] Behlau M. Consensus Auditory- Perceptual Evaluation of Voice.(CAPE-V), ASHA 2003. Refletindo sobre o novo. Rev Soc Bras Fonoaudiol. 2004; 9(3):187-9.

[12] Viegas, F, et al.. Parâmetros Espectrais da Voz em Crianças Respiradoras Orais. Rev CEFAC., 2009; 12(4):820-883.

[13] Martins, PC; Couto, TE; Gama, ACC. Auditory-perceptual evaluation of the degree of vocal deviation: correlation between the Visual Analogue Scale and Numerical Scale. CoDAS, 2015; 27(3): 279-284.

[14] Cielo, CA, Cappellari, VM. Maximum phonation time in pre- school children. Rev Bras Otorrinolaringol,2008; 74(4):552-560.

[15] Braga, JN, Oliveira, DSF, Sampaio, TMM. Frequência fundamental da voz de crianças. Rev CEFAC,2009; 11(1): 119-126.

[16] Schwarz, K, Cielo, CA. Modificações laríngeas e vocais produzidas pela técnica de vibração sonorizada de língua. Pró-Fono R Atual Cient. 2009; 21 (2): 161-166.

[17] Côrtes, MG, Gama, ACC. Análise visual de parâmetros espectrográficos pré e pós-fonoterapia para disfonias. Rev Soc Bras Fonoaudiol. 2010; 15(2): 243-249.

[18] Rodriguez-Parra, MJ, Adrian, JA, Casado, JC. Comparing voice-therapy and vocal-hygiene treatments in dysphonia using a limited multidimensional evaluation protocol. J Commun Disorders. 2011; 44(6): 615-630.

[19] Batalla, FN. et al. El espectrograma de banda estrecha como ayuda para el aprendizaje del método GRABS de análisis perceptual de la disfonía. Acta Otorrinolaringol Esp. 2011; 63(3):173-179.

[20] Cielo, CA, Christmann, MK. Finger Kazoo: spectrographic acoustic modifications and vocal self-assessment. Rev CEFAC. 2014; 16(4):1239-1254.

[21] Batalla, FN. et al. Evaluación espectral cuantitativa de la hipofunción vocal. Acta Otorrinolaringol Esp. 2004; 55(7): 327-333.

[22] Sprecher, A, OlszewskI, A, Jiang, JJ. Updating signal typing in voice: Addition of type 4 signals. J Acoust Soc Am. 2010; 127 (6):3710-3716.

[23] Vanzella, TP. Normatização dos parâmetros acústicos vocais em crianças em idade escolar. 2006. 101 f. Dissertação (Mestrado em Bioengenharia), Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

[24] Stathopoulos ET, Huber JE, Sussman JE. Changes in acoustic characteristics of the voice across the life span: measures from individuals 4-93 years of age.JSLHR. 2011; 54(4):1011-1021.

[25] Poulain T, et al., Associations of Speaking-Voice Parameters With Personality and Behavior in School-Aged Children. JVoice. 2018 [prelo].

4 Artigo 3 RELAÇÃO ENTRE CARACTERÍSTICAS VOCAIS ACÚSTICAS ESPECTROGRÁFICAS, IDADE, ESTATURA E SEXO DE CRIANÇAS SEM DISFONIA

Carla Franco Hoffmann[1]; Leila Susana Finger[2]; Carla Aparecida Cielo[3]

[1] Fonoaudióloga, Mestre e Doutoranda em Distúrbios da Comunicação Humana/Universidade Federal de Santa Maria – RS.

[2] Fonoaudióloga, Doutora em Distúrbios da Comunicação Humana/Universidade Federal de Santa Maria – RS

[3] Fonoaudióloga, Mestre e Doutora em Linguística Aplicada, Departamento de Fonoaudiologia/UFSM, Bolsista de Produtividade 2 CNPq

Objetivo: Correlacionar os parâmetros vocais espectrográficos com idade, estatura e sexo de crianças sem disfonia com idade entre 4:00 e 7:11 anos. **Métodos**: investigação quantitativa, transversal, retrospectiva por meio de banco de dados. Coletados dados de 299 crianças, entre 4:00 a 7:11 anos de idade, sem disfonia. Foram analisados os registros dos Tempos Máximos de Fonação das vogais /a/, /i/, /u/, estatura, sexo, idade e espectrografia vocal. **Resultados**: não foram encontradas diferenças nas espectrografias de banda estreita e de banda larga conforme o sexo; a maioria das medidas de banda larga apresentaram correlação significante negativa com idade e estatura. **Conclusão**: as espectrografias de banda estreita e de banda larga de crianças de 4:00 a 7:11 anos de idade não foram influenciadas pelo sexo. As medidas de banda larga sofreram influência marcante da estatura e da idade, não ocorrendo o mesmo com a espectrografia de banda estreita.

Palavras-chave: Acústica , Crianças, Disfonia, Fonação Voz.

INTRODUÇÃO

A produção vocal pode ser caracterizada como um fenômeno multidimensional, justificando-se a existência de diferentes instrumentos para a sua avaliação. A análise vocal acústica fornece dados quantitativos e em tempo real acerca dos aspectos vocais [1-6], complementando a avaliação vocal perceptivo-auditiva.

A Associação Americana de Fala, Linguagem e Audição (ASHA) e a Sociedade Europeia de Laringologia orientam que façam parte da triagem vocal os exames de qualidade vocal, avaliação da respiração e avaliação vocal acústica,

tanto de adultos como de crianças. Quando o público avaliado é formado por crianças, o ideal é que as avaliações sejam rápidas, precisas e não-invasivas. Fatores como falta de colaboração dos pais, não aceitação das crianças para a realização de exames e impedimentos técnicos para a exposição da laringe contribuem para a dificuldade no manejo clínico da população pediátrica [3,7].

A avaliação vocal acústica espectrográfica permite, de maneira não-invasiva, a obtenção de medidas que estão relacionadas ao padrão vibratório das pregas vocais e à forma do trato vocal e suas mudanças no tempo [2, 8-10]. A Espectrografia de Banda Estreita (EBE) está relacionada com a fonte vocal, fornece dados sobre a frequência fundamental e harmônicos e a Espectrografia de Banda Larga (EBL) fornece dados referentes ao filtro vocal e formantes (F) [2, 8-10].

Características anatomofisiológicas próprias da infância se refletem em qualidade vocal específica como discreto grau de rouquidão, soprosidade e nasalidade [11] e a avaliação vocal espectrográfica poderá detectar tais aspectos. Existem poucos estudos sobre o tema, principalmente com crianças sem disfonia. Assim, o fonoaudiólogo que atende essa demanda tem dificuldade em acessar dados espectrográficos dessas crianças. Isto é importante para poder interpretar os dados vocais de crianças disfônicas e acompanhar a evolução do tratamento, o que poderia facilitar a prática clínica no atendimento da população infantil [6].

Pesquisa que comparou dados espectrográficos de crianças, adultos e idosos sem queixas vocais, concluiu que o espectro de frequências das crianças teve maior energia em 3,5 kHz, amplificação de harmônicos nas baixas frequências, harmônicos irregulares, mal definidos e presença de ruído quando comparado a adultos e idosos [5].

Pesquisa com crianças de 7:00 a 8:00 anos de idade concluiu, por meio de ressonância magnética, que os meninos possuem trato vocal maior do que as meninas, refletindo em menores frequências de F [12], a mesma diferença entre meninos e meninas foi encontrada em pesquisa com crianças com idades entre 5:00 e 11:00 anos [13] e pesquisa com crianças entre 11:00 e 13:00 anos [14]. A idade em que ocorre a diferença de crescimento do trato vocal entre meninos e meninas ainda é controversa.

Conforme o crescimento corporal acontece, as estruturas do trato vocal também se modificam, ocorrendo o alongamento vertical, o espessamento das

pregas vocais, e a laringe assume uma postura mais baixa [8,15], refletindo-se nos dados acústicos espectrográficos.

A hipótese deste estudo foi a de que as medidas vocais espectrográficas se modificam de acordo com o crescimento corporal, com a idade e com o sexo, devido às alterações estruturais do trato vocal. O objetivo foi verificar a correlação entre as características vocais acústicas espectrográficas, idade, estatura e sexo de crianças sem disfonia de 4:00 a 7:11 anos de idade.

MÉTODOS

O presente trabalho foi aprovado pelo Comitê de Ética e Pesquisa com Seres Humanos (CEP) (57327616.3.0000.5346) e as juízas que realizaram a avaliação espectrográfica assinaram um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE). Este é um estudo transversal, quantitativo e, retrospectivo com pesquisa em banco de dados de pesquisa anterior [16].

Pesquisa Inicial

A pesquisa inicial foi realizada em campo, após a aprovação no CEP da instituição de origem (0306.0.243.000-10). Respeitou os critérios bioéticos com aplicação de Termo de Autorização Institucional (TAI), TCLE e consentimento das crianças em participar da coleta de dados [16].

Seleção das Escolas

A coleta de dados foi realizada em escolas de um município de pequeno porte, de clima subtropical. As instituições de ensino participantes foram listadas em ordem alfabética e por rede de ensino e, a cada três nomes, um era excluído.

Seleção das Crianças

Por meio de questionário enviado aos pais/responsáveis, foram aplicados os seguintes critérios de inclusão: crianças de ambos os sexos; com idades entre 4:00 e 7:11 anos [3,7]; no dia da avaliação não apresentar disfonia; anuência dos pais e/ou responsáveis em assinar o TCLE e a concordância oral da criança. Foram excluídas da pesquisa as crianças com: relato dos pais de desenvolvimento neuropsicomotor alterado/atrasado, alterações psiquiátricas, neurológicas, posturais ou pulmonares; relato de síndromes; observação de deformidades físicas e alterações estruturais graves e congênitas que pudessem comprometer a fonação ao nível respiratório, fonatório e /ou articulatório; estar sob tratamento fonoaudiológico para a voz; histórico de cirurgia ou má formação na região orofacial

que impedissem a adequada produção vocal nas avaliações; gripe e alergias respiratórias que limitassem o desempenho no dia das avaliações; ser cantor profissional ou amador; perda auditiva [3,17].

Avaliações de amostragem

Avaliação vocal perceptivo-auditiva: foi aplicado o protocolo CAPE-V (ASHA, 2003) adaptado para o português [18]. As crianças repetiram as seis frases e emitiram um trecho de 20 s de fala espontânea respondendo a uma pergunta sobre as aulas de educação física e/ou sobre o recreio da escola. Também sustentaram as vogais /a/ e /i/ após uma inspiração profunda, em *pitch*, *loudness* e qualidade habituais, em posição ortostática [15,19].

O registro dos TMF de todas as emissões foi realizado por meio de gravador profissional digital marca *Zoom*, modelo H4n, com a configuração de captação do sinal de 96 kHz, 16 *bits*, captação do sinal de entrada regulada em 50%. O microfone *Behringer* ECM 8000, omnidirecional, com faixa plana de captação de frequências de 15 a 20 kHz, foi acoplado ao gravador. Foi posicionado a uma distância fixa de 4 cm para a gravação das vogais e 10 cm para a fala, em frente e a 90º da boca das crianças. O local da coleta apresentou ruído ambiental inferior a 50 dBNPS, aferido por meio de medidor de nível de pressão sonora digital Icel- DL-4200 (res.274/01 Conselho Federal de Fonoaudiologia) [3, 8,19, 20].

As gravações do CAPE-V foram enviadas para três fonoaudiólogas especialistas em voz, com mais de três anos de experiência profissional [15,17], que analisaram individualmente as gravações. Foram orientadas a realizar as análises utilizando fones de ouvido intrauriculares, com atenção, em volume considerado confortável [3]. As juízas não tinham conhecimento do objetivo da pesquisa, idade e sexo das crianças e não participaram como autoras do trabalho [19].

Para o levantamento dos resultados, foi considerada a média das avaliações das três juízas em cada um dos itens do protocolo CAPE-V [3]. A partir dos resultados, as vozes foram classificadas com ou sem disfonia. Foram classificadas crianças com disfonia aquelas que apresentaram o grau geral de alteração maior do que 33 mm (considerado grau discreto), conforme as características vocais consideradas normais para crianças como rouquidão e soprosidade em grau discreto [3,7,21]. Foram excluídas as crianças com disfonia.

Triagem Auditiva: a perda auditiva foi investigada pela triagem auditiva, por meio da varredura de tons puros nas frequências de 1000 a 4000 Hz a 20 dB

(Res.364/09 Conselho Federal de Fonoaudiologia), por meio de audiômetro *Amplivox*, modelo 2011, tipo A260 em sala silenciosa verificado por medidor de nível de pressão sonora digital Icel- DL-4200 (Res.274/01 Conselho Federal de Fonoaudiologia). As crianças que não passaram na triagem auditiva foram excluídas da pesquisa.

Caracterização da Amostra

Segundo o cálculo amostral, com significância de 5%, a pesquisa deveria conter no mínimo 385 crianças. Foram enviados 3.240 TCLE, 2.021 retornaram e foram aplicados os critérios de seleção, restando 299 crianças sem disfonia com idade entre 4:00 e 7:11 anos, sendo 159 meninas e 140 meninos.

Dados de pesquisa

A estatura foi verificada por meio de um estadiômetro (Caumaq Ltda), fixado em parede plana, sem rodapé. As crianças foram orientadas a ficar em posição ortostática e descalças [7]. Todos esses registros estavam armazenados no banco de dados, bem como as gravações de voz.

O banco de dados possuía a Espectrografia Banda Estreita (EBE) e a Espectrografia Banda Larga (EBL) das crianças selecionadas. As EBE e EBL foram realizadas por meio do programa *Real Time Spectrogram* (RTS) da *KayPentax*®. O início e o término do registro da emissão da vogal /a/ foram descartados, para que as condições pouco estáveis, não influenciassem a análise dos dados [22, 23]. O intervalo de tempo da emissão para a janela de análise acústica foi padronizado conforme o menor tempo de sustentação da vogal /a/, dentre todos os participantes, fazendo com que todas as emissões analisadas (em cada faixa etária) tivessem o tempo de duração de 3 s.

Na EBE, o RTS foi aplicado em filtro de banda estreita em 1024 *points* (63.09 Hz) e na EBL, foi aplicado em filtro de banda larga em 100 *points* (646.00 Hz), com taxa de captação de 11 kHz e 16 *bits* de conversão analógico-digital, em janela de 5 kHz. Os resultados dessas análises espectrográficas formaram um conjunto de imagens que foi analisado pelos juízes do presente estudo.

A análise das imagens espectrográficas da vogal /a/ de cada criança foi realizada individualmente por três fonoaudiólogos juízes com experiência na área de voz. Foi usado um protocolo que utiliza escala analógico-visual linear de 100 mm em cada parâmetro a ser analisado. Por meio do *Dropbox,* os juízes receberam as EBE e EBL do grupo de crianças a ser avaliado, uma EBE e uma EBL consideradas

normais para guiar as avaliações, e os protocolos. Foram orientados a configurar seus computadores da seguinte forma: a tela LCD ou LED,resolução de 1366 x 768 *pixels*, orientação horizontal. O preenchimento do protocolo de avaliação espectrográfica foi realizado no próprio *Dropbox*. Após, foi realizado o cálculo da média aritmética das análises dos três juízes avaliadores para cada aspecto avaliado na EBE e na EBL.

Na análise da EBE, foram avaliados: intensidade da cor do traçado, definição, regularidade e número de harmônicos, presença de sub-harmônicos, presença de ruído e substituição de harmônicos por ruído nas baixas, médias e altas frequências e em todo espectrograma vocal. Na EBL, foram avaliados: intensidade da cor do traçado dos F (F1, F2, F3 e F4), das baixas, médias e altas frequências e de todo o espectrograma vocal; regularidade do traçado em todo espectrograma vocal e nas baixas, médias e altas frequências; definição, regularidade e largura de banda de F1, F2, F3 e F4; e anti-ressonância imediatamente acima de F1, em todo espectrograma vocal e nas baixas, médias e altas frequências [1,24]. Para fins de análise dos parâmetros, foram consideradas baixas frequências aquelas até de 1500 Hz, médias frequências entre 1500 e 3000 Hz e altas frequências acima de 3000 Hz [25,26].

Análise dos dados

Foi aplicado o teste de normalidade Shapiro Wilk para verificar a distribuição das variáveis, dos dados selecionados. Devido à distribuição das variáveis, foram aplicados testes não paramétricos. Foi realizado teste de correlação de Spearman para idade, estatura e medidas espectrográficas. Teste de Mann-Whitney para comparação dos grupos conforme o sexo. O nível de confiança adotado foi de 95% e a população foi descrita através da média dos parâmetros, desvio-padrão e frequência.

RESULTADOS

Na tabela 1, são apresentados os resultados da comparação das medidas da EBL conforme o sexo, sem diferenças significantes.

Tabela 1- Resultados da EBL conforme o sexo

		Meninas	DP	Meninos	DP	p-valor
Intensidade da cor do traçado	F1	44,5	1,63	44,8	1,81	0,671
	F2	44,4	1,53	46,1	1,72	0,771

	F3	38,8	1,37	40,3	1,70	0,684
	F4	32,4	1,35	34	1,45	0,833
	Baixas f	44,6	1,60	45,5	1,79	0,601
	Médias f	40,5	1,40	42,3	1,64	0,622
	Altas f	36,1	1,37	35,8	1,56	0,513
	Todo o espectrograma	43,5	1,44	43,5	1,69	0,464
Definição	F1	45,8	1,48	45,5	1,65	0,561
	F2	42,3	1,34	41,1	1,58	0,112
	F3	42,5	3,79	36,8	1,58	0,292
	F4	34	1,23	34,1	1,47	0,901
Regularidade	Baixas f	42,4	1,50	41	1,53	0,432
	Médias f	38,9	1,33	38,5	1,40	0,453
	Altas f	35,4	1,26	33,8	1,55	0,431
	Todo o espectrograma	38	1,51	37	1,59	0,952
Largura de banda	F1	42,7	1,73	42,4	1,74	0,951
	F2	41,6	1,68	40,8	1,67	0,590
	F3	37	1,39	36,2	1,62	0,631
	F4	32,4	1,40	32,7	1,48	0,644
Anti-ressonância	Logo apósF1	19,1	1,90	18,7	1,84	0,602
	Baixas f	18	1,83	18,2	1,84	0,775
	Médias f	28,5	2,28	30,5	2,39	0,714
	Altas f	32,7	2,59	35	2,71	0,873
	Todo o espectrograma	30,4	2,04	31,6	2,14	0,901

Legenda: DP- Desvio-Padrão; F – formante; f – frequências
EBL: Espectrografia Banda Larga
Teste de Mann-Whitney,*p ≤ 0,05

Na tabela 2, são apresentados os resultados da comparação da EBE conforme o sexo, sem valores significantes.

Tabela 2- Resultados da EBE conforme sexo

		Meninas	DP	Meninos	DP	p-valor
Intensidade da cor do traçado	Baixas f	52,7	2,03	49,9	2,05	0,551
	Médias f	50,2	2,00	48,9	1,90	0,401
	Altas f	41,2	2,22	41,1	2,03	0,272
	Todo o espectrograma	48,8	2,02	47,9	1,85	0,883

Presença de ruído	Baixas f	14,3	1,38	14,4	1,47	0,512
	Médias f	28,2	1,73	28	1,58	0,701
	Altas f	28,1	1,93	28,2	1,75	0,221
	Todo o espectrograma	29,9	1,76	31,3	1,66	0,082
Substituição de h por ruído	Baixas f	2,4	0,68	4,1	1,04	0,173
	Médias f	12	1,41	11,1	1,48	0,472
	Altas f	17,3	1,63	16,4	1,73	0,181
	Todo o espectrograma	17,2	1,44	18,1	1,67	0,742
Definição e regularidade dos h	Baixas f	30,5	2,08	29,9	1,98	0,871
	Médias f	48,8	1,91	47,4	1,96	0,684
	Altas f	41,2	2,01	39,6	2,04	0,971
	Todo o espectrograma	39,5	2,14	41,2	1,93	0,272
Número de h	Baixas f	47,9	1,67	47,6	1,60	0,53
	Médias f	53,2	2,12	50,1	2,15	0,25
	Altas f	45,7	2,28	41,9	2,37	0,17
	Todo o espectrograma	41,4	2,11	38,7	2,07	0,14
Presença de sub-h	Baixas f	34,4	3,04	30	2,87	0,06
	Médias f	9,5	1,41	12,9	1,67	0,29
	Altas f	10	1,38	12,3	1,52	0,22
	Todo o espectrograma	10	1,23	13,2	1,40	0,08

Legenda: DP- Desvio Padrão; f- frequências; h – harmônicos
EBE: Espectrografia Banda Estreita
Teste de Mann-Whitney,*p ≤ 0,005

Na tabela 3, são apresentados os resultados das correlações entre EBL e idade e estatura, sendo que a maioria das variáveis se correlacionaram de forma significante.

Tabela 3 - Correlação entre a EBL e as variáveis idade e estatura

		Idade		**Estatura**	
		r	**p-valor**	**r**	**p-valor**
Intensidade da cor do traçado	F1	-0,21	0,00*	-0,06	0,28
	F2	-0,23	0,00*	-0,10	0,07

	F3	-0,19	0,00*	-0,14	0,01*
	F4	-0,16	0,01*	-0,14	0,02*
	Baixas f	-0,23	0,00*	-0,15	0,01*
	Médias f	-0,22	0,00*	-0,16	0,01*
	Altas f	-0,18	0,00*	-0,15	0,01*
	Todo o espectrograma	-0,23	0,00*	-0,16	0,01*
Definição	F1	-0,21	0,00*	-0,12	0,04*
	F2	-0,25	0,00*	-0,15	0,01*
	F3	-0,14	0,01*	-0,10	0,09
	F4	-0,06	0,32	-0,12	0,05*
Regularidade	Baixas f	-0,14	0,02*	-0,12	0,04*
	Médias f	-0,18	0,00*	-0,14	0,01*
	Altas f	-0,10	0,08	-0,11	0,06
	Todo o espectrograma	-0,19	0,00*	-0,14	0,01*
Largura de banda	F1	-0,23	0,00*	-0,17	0,00*
	F2	-0,22	0,00*	-0,18	0,00*
	F3	-0,19	0,00*	-0,19	0,00*
	F4	-0,08	0,14	-0,11	0,06
Anti-ressonância	Logo após F1	0,21	0,00*	0,10	0,08
	Baixas f	0,22	0,00*	0,13	0,02*
	Médias f	0,18	0,00*	0,17	0,00*
	Altas f	0,21	0,00*	0,16	0,00*
	Todo o espectrograma	0,17	0,00*	0,13	0,03*

Legenda: F- formante; f – frequências

EBL: Espectrografia Banda Larga

Teste de correlação de Spearman; *p ≤ 0,005

Na tabela 4, são apresentados os resultados das correlações entre EBE e idade e estatura, apenas o item Substituição de harmônico por ruído apresentou correlação significante.

Tabela 4 - Correlação entre EBE e as variáveis idade e estatura

		Idade		**Estatura**	
		r	**p-valor**	**r**	**p-valor**
Intensidade da cor do traçado	Baixas f	-0,07	0,211	-0,07	0,231
	Médias f	-0,10	0,092	-0,05	0,401
	Altas f	-0,08	0,192	-0,08	0,152
	Todo o espectrograma	-0,07	0,211	-0,04	0,511
Presença de ruído	Baixas f	0,02	0,782	-0,01	0,801

	Médias f	-0,04	0,531	-0,01	0,922
	Altas f	-0,09	0,122	-0,05	0,391
	Todo o espectrograma	-0,05	0,441	-0,03	0,551
Substituição de h por ruído	Baixas f	-0,02*	0,672	-0,01*	0,880
	Médias f	0,05	0,421	-0,10	0,090
	Altas f	0,06	0,342	-0,06	0,313
	Todo o espectrograma	-0,03	0,572	0,00	0,990
Definição e regularidade dos h	Baixas f	-0,01	0,851	0,00	0,971
	Médias f	-0,03	0,662	-0,04	0,491
	Altas f	-0,08	0,191	-0,07	0,243
	Todo o espectrograma	-0,06	0,312	-0,05	0,362
Número de h	Baixas f	-0,04	0,451	-0,06	0,281
	Médias f	-0,04	0,443	-0,06	0,283
	Altas f	-0,08	0,190	-0,09	0,142
	Todo o espectrograma	-0,03	0,633	-0,07	0,232
Presença de sub-h	Baixas f	-0,02	0,732	-0,08	0,153
	Médias f	0,11	0,071	0,07	0,222
	Altas f	0,07	0,261	0,02	0,701
	Todo o espectrograma	0,06	0,322	0,05	0,410

Legenda: f – frequências; h – harmônicos.

EBE: Espectrografia Banda Estreita

Teste de correlação de Spearman; *p ≤ 0,005

DISCUSSÃO

As diferenças observadas na voz de meninos e de meninas são principalmente devidas ao comprimento faríngeo que influencia F1 (relacionado ao tamanho da abertura da boca e à elevação laríngea), às diferenças de tamanho do trato vocal e articulatórias [2,23].

O crescimento corporal das meninas desacelera mais cedo do que o dos meninos e influencia a produção vocal que se estabiliza antes. O trato vocal das meninas torna-se semelhante ao das mulheres em torno de 12:00 anos de idade, enquanto meninos aos 14:00 anos ainda apresentam mudanças de crescimento importantes. As frequências dos F das meninas são maiores do que as dos meninos na mesma faixa etária, mesmo nos grupos de crianças pequenas (4:00 anos). Isso indica que a postura articulatória se torna mais aberta à medida que a frequência dos F aumenta, provavelmente devido às diferenças de comportamentos sociais entre meninos e meninas [23].

Em pesquisa com crianças divididas em grupos de 4:00, 6:00, 8:00, 12:00 e 16:00 anos, foi realizada a comparação da frequência dos F conforme o sexo. O valor das frequências dos F foi maior nas meninas desde os 4:00 anos. Essas diferenças entre os sexos são atribuídas ao tamanho do trato vocal, além das variações de posturas articulatórias como arredondamento labial e abertura da mandíbula [27].

Em nosso estudo, não foram encontradas diferenças nas EBE e EBL conforme o sexo (Tabelas 1 e 2), em todos os aspectos avaliados. Nossos resultados estão de acordo com aqueles de estudo com 15 meninas e 15 meninos com voz normal e idades entre 7:00 e 10:00 anos que teve como objetivo identificar as diferenças entre os sexos por meio da análise acústica. Foram avaliados número de harmônicos, frequência fundamental de fala, *equivalent continuous sound level* (Leq) – nível de pressão sonora durante determinado tempo, frequência dos F e pico de proeminência cepstral e não foram encontradas diferenças entre os sexos [19].

De forma interessante, a maioria das medidas de EBL apresentou correlação negativa significante com a idade e com a estatura (Tabela 3). A largura de banda dos F teve correlação negativa com a idade e a estatura e a anti-ressonância teve correlação positiva com a idade e a estatura, sendo que o aumento da largura de banda dos F e o aumento da anti-ressonância estão relacionados com a presença de nasalidade e/ou ruído na voz [5, 6, 27] esperada em crianças normais [3,7].

Ainda, quanto maior a idade e a estatura, menores foram os valores de intensidade do traçado, regularidade e definição de harmônicos e de F (Tabela 3). Isso também pode ser decorrente do fato de que, em crianças normais, é esperado um grau discreto de soprosidade, rouquidão e nasalidade na voz [3,7,21,28], repercutindo nesses parâmetros espectrográficos conforme a criança vai crescendo e se modificando e adaptando com a idade e estatura.

Tais resultados são coerentes com estudo que comparou espectrografias de crianças e adultos e concluiu que as medidas de regularidade e definição dos F nas crianças ainda não estavam claras quando comparadas aos adultos. O resultado foi atribuído à imaturidade das pregas vocais e das estruturas da musculatura orofacial que articulam os fonemas [2,5].

Estudo sobre o crescimento orofacial relacionou a faixa etária dos 6:00 aos 11:00 anos com o período de maior mudança nas estruturas e funções do sistema estomatognático. Isso ocorre especialmente pela troca da dentição decídua pela

permanente o que permite que a maxila, mandíbula, língua e lábios assumam posições diferentes conforme a fase de crescimento ósseo e dentário. Nesse período, ocorrem adaptações funcionais até que as estruturas atinjam equilíbrio funcional e estrutural, o que pode justificar nossos achados na EBL, mais relacionada com as características de filtro vocal influenciadas pelo sistema estomatognático [1,5,6].

A EBE mostra com precisão as frequências do componente do sinal (harmônicos e padrão de entonação) e está relacionada com as características de fonte glótica mais do que com as do filtro vocal [6, 9, 10, 23,27]. Nas correlações entre idade e estatura com as medidas de EBE, apenas a variável substituição de harmônico por ruído nas baixas frequências apresentou correlação negativa significante, mostrando que o ruído nas baixas frequências diminuiu à medida que a estatura e a idade aumentaram (Tabela 4). A diminuição do ruído indica melhor coaptação glótica, menor escape de ar transglótico e menor aperiodicidade do sinal produzido em nível laríngeo [1,6].

Quando comparada com adultos, a EBE de crianças apresenta maior amplificação de harmônicos nas baixas frequências, mais indefinidos e irregulares, com sinais de ruído na voz [2,5]. Assim como nas outras avaliações, os resultados da análise espectrográfica se modificam de acordo com o crescimento corporal [2,5]. Em nosso estudo, os resultados convergem parcialmente com os do trabalho citado [5], uma vez que apenas a substituição de harmônicos por ruído diminuiu à medida que a criança aumentou a estatura e a idade.

No presente estudo, as características referentes ao crescimento, como idade e estatura, e o sexo, não influenciaram as medidas de EBE nas crianças com faixa etária entre 4:00 e 7:11 anos. Esse achado pode estar relacionado ao fato de o crescimento do trato vocal ter sido mais acentuado do que o crescimento das pregas vocais nesta faixa etária, gerando modificações significantes na EBL e não na EBE (Tabelas 2 e 4).

A influência dos fatores hormonais na voz não apresenta consenso na literatura. Para meninos, existe a proposta de divisão em três fases: pré-mutação, mutação e pós-mutação vocal, não havendo essa proposta para meninas [29]. As idades relatadas da muda vocal, quando as pregas vocais sofrem crescimento marcante, foram 13:00-15:00 anos [30].

Nosso estudo mostrou que crianças na faixa etária de 4:00 a 7:11 anos apresentam características vocais de EBL, que evidencia o filtro vocal, correlacionadas com idade e estatura, possivelmente pelas grandes modificações dos órgãos fonoarticulatórios e ressonantais que ocorrem com o crescimento. O mesmo não ocorreu com as características vocais de EBE, mais relacionadas à fonte glótica, cujas maiores modificações ocorrem durante a muda vocal [30].

Salienta-se a limitação em discutir os resultados devido à grande lacuna de publicações científicas sobre o tema, à variabilidade metodológica encontrada e à antiguidade da maioria das pesquisas que não refletem o cenário atual da ciência.

CONCLUSÃO

As medidas de EBL e de EBE de crianças de 4:00 a 7:11 anos de idade não foram influenciadas pelo sexo. As medidas de EBL sofreram influência marcante da estatura e da idade, não ocorrendo o mesmo com a EBE.

Apoiadores

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] Falcão, LMG, Masson, MLV, Oliveira, G, Behlau, M. Spectrographic analysis of the effect of vocal warm-up on the voice of choir girls. Audiol Commun Res.2014; 19 (4): 380-386.

[2] França, FP, Evangelista DS, Lopes LW. Revisão sistemática sobre os formantes e a produção da voz e fala. PROLÍNG/UFPB, 2017; 12(1): 2-16.

[3] Oliveira, RC. et. al. Auditory-perceptive, acoustic and vocal self-perception analyses in children. J Soc Bras Fonoaudiol,2011; 23 (2):158-163.

[4] Santos, M.O. Análise Acústica de Desvios Vocais Infantis utilizando a transformada Wavelet. 80F. [dissertação]- Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica, 2015.

[5] Vanzella, TP. Normatização dos parâmetros acústicos vocais em crianças em idade escolar. 2006. 101 f. Dissertação (Mestrado em Bioengenharia), Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

[6] Yang, Z., et al. Long-term average spectra analysis of voice in children with cleft palate. J Voice, 2018; 32 (3).
[7] Tavares, ELM., et. al. Epidemiological study of dysphonia in 4-12 year-old children. Braz J Otorhinolaryngol., 2011; 77 (6): 736-746.
[8] Azevedo, R. Disfonia na Infância. In: Fernandes, FDM, Mendes, BCA, Navas, ALPGP. Tratado de fonoaudiologia. 2ª Ed. São Paulo: Roca, 2009. cap. 12. p. 709-714.
[9] Titze, IR. Whorshop on acoustic voice analysis: Summary Statement. Denver, National Center of Voice and Speech, 1994.
[10] Valentim, AF, Côrtes, MG, Gama, CC. Efeito do treinamento com espectrogramas. Rev Soc Bras Fonoaudiol, 2010, 15 (3):335-342.
[11] Andrews, ML. Terapia vocal para crianças. Os primeiros anos escolares. Porto Alegre: Artes Médicas, 1998. 240p.
[12] Bennett, S. Vowel formant frequency characteristics of preadolescent males and females. J. Acoust. Soc. Am.1981; 69, 238-321.
[13] Busby, P., and Plant, G. Formant frequency values of vowels produced by preadolescent boys and girls. J. Acoust. Soc. Am.1995; 97, 2603–2606.
[14] Lee, S, Potamianos, A, Narayanan, S. Acoustics of children's speech: Developmental changes of temporal and spectral parameters. J. Acoust. Soc. Am. 1999;105, 1455–1468.
[15] Cielo, CA, Cappellari, VM. Maximum phonation time in pre- school children. Rev Bras Otorrinolaringol, 2008; 74(4): 552-560.
[16] Finger, LS. Características vocais de crianças relacionadas com idade e indicadores antropométricos [tese]. Universidade Federal de Santa Maria, 2015.
[17] Finger, LS, Cielo, CA, Schwarz, K. Acoustic vocal measures in women without voice complaints and with normal larynxes. Braz J Otorhinolaryngol. 2009; 75(3): 432-440.
[18] Behlau M. Consensus Auditory- Perceptual Evaluation of Voice(CAPE-V), ASHA 2003. Refletindo sobre o novo. Rev Soc Bras Fonoaudiol. 2004; 9(3):187-189.
[19] Guzman, M, Muñoz, D, Vivero, M, Marín, N, Ramírez, M, Rivera, M, Vidal C, Gerhard J, González, C. Acoustic markers to differentiate gender in prepubescent children's speaking and singing voice. Int J Pediatr Otorhinolaryngol. 2014; 78(10):1592-1598.
[20] Sales, NJ, Queiroz, GR, Rebelo ,GMI, Oliveira, CE, Prado-Barreto, VM, Todt-Neto, JC, Neyra, CDF, Sampaio, J. Vocal Function and Vocal Discomfort in Sheltered and Non-Sheltered 7- to 10-Year-Old School Children in Aracaju, Brazil. J Voice. 2013; 27(5):180-187.
[21] Viegas, F.; et al. Parâmetros espectrais da voz em crianças respiradoras orais. Rev CEFAC. 2009; 12(4): 820-883.
[22] Braga, JN, Oliveira, DSF, Sampaio, TMM. Frequência fundamental da voz de crianças. Rev CEFAC. 2009; 11(1): 119-126.

[23] Huber et al., JE. Formants of children, women, and men: The effects of vocal intensity variation. J. Acoust. Soc. Am.1999; 106(3): 1-12.
[24] Schwarz, K, Cielo, CA. Modificações laríngeas e vocais produzidas pela técnica de vibração sonorizada de língua. Pró-Fono R Atual Cient. 2009; 21 (2): 161-166.
[25] Batalla, FN. et al. El espectrograma de banda estrecha como ayuda para el aprendizaje del método GRABS de análisis perceptual de la disfonía. Acta Otorrinolaringol Esp. 2011; 63(3):173-179.
[26] Batalla, FN. et al. Evaluación espectral cuantitativa de la hipofunción vocal. Acta Otorrinolaringol Esp. 2004; 55(7): 327-333.
[27] Perry TL, Ohde RN, Ashmead DH. The acoustic bases for gender identification from children's voices. J Acoust Soc Am. 2001; 109:2988 – 2998.
[28] Martins, PC; Couto, TE; Gama, ACC. Auditory-perceptual evaluation of the degree of vocal deviation: correlation between the visual analogue scale and numerical scale. CoDAS. 2015; 27(3): 279-284.
[29] Hacki T, Heitm ü ller S. Development of the child's voice: premutation, mutation. Int J Pediatr Otorhinolaryngol. 1999; 49 Suppl 1:S141 –144.
[30] Guimaraes MF, Behlau MS, Panhoca I. Análise perceptivo-auditiva da estabilidade vocal de adolescentes em diferentes tarefas fonatórias. Pró-Fono R. Atual. Cient. 2010; 22(4): 455-458.

5 ARTIGO 4 TEMPOS MÁXIMOS DE FONAÇÃO DAS VOGAIS /A, I, U/ E MEDIDAS ESPECTROGRÁFICAS

Carla Franco Hoffmann[1]; Leila Susana Finger[2]; Carla Aparecida Cielo[3]

[1] Fonoaudióloga, Mestre e Doutoranda em Distúrbios da Comunicação Humana/Universidade Federal de Santa Maria – RS.

[2] Fonoaudióloga, Doutora em Distúrbios da Comunicação Humana/Universidade Federal de Santa Maria – RS

[3] Fonoaudióloga, Mestre e Doutora em Linguística Aplicada, Departamento de Fonoaudiologia/UFSM, Bolsista de Produtividade 2 CNPq

Objetivo: Correlacionar os parâmetros vocais espectrográficos com os Tempos Máximos de Fonação de crianças sem disfonia com idade entre 4:00 e 7:11 anos. **Métodos**: estudo transversal, quantitativo, retrospectivo por meio de banco de dados. Coletados dados de 299 sujeitos. Foram analisados os registros dos tempos máximos de fonação das vogais /a/, /i/, /u/ e espectrografias. **Resultados**: correlação positiva entre substituição de harmônico por ruído nas baixas frequências e tempo máximo de fonação de /a/; correlação negativa entre intensidade do quarto formante, em todo o espectrograma e largura do primeiro formante com o tempo máximo de fonação de /u/; correlação positiva entre anti-ressonância logo após o primeiro formante e nas altas frequências com o tempo máximo de fonação de /u/. **Conclusão**: o aumento do tempo de sustentação da vogal /a/ mostrou maior presença de ruído e o aumento de /u/ mostrou aumento da anti-ressonância e menor intensidade da cor do traçado, evidenciando perda da qualidade vocal com o tempo de sustentação.

Palavras-chave: Acústica, Crianças, Disfonia, Fonação, Voz

INTRODUÇÃO

A produção vocal pode ser considerada dinâmica, sofre influência do contexto sociocultural e das condições biopsicossociais do sujeito. A avaliação vocal pode englobar videolaringoscopia, nasolaringoscopia, autopercepção vocal, análise perceptivo-auditiva e acústica, entre outros. No caso da população pediátrica, são indicados exames rápidos, objetivos e pouco invasivos [1,2].

Métodos acústicos são ferramentas valiosas no estudo do desenvolvimento da voz e seus distúrbios, especialmente por serem não-invasivos e rápidos. Dentre as avaliações acústicas da voz, citam-se a Espectrografia de Banda Estreita (EBE) e a Espectrografia de Banda Larga (EBL) [3,4].

Outra forma de avaliação rápida e não-invasiva é a coleta dos Tempos Máximos de Fonação (TMF) que consiste em quantificar, em segundos, o tempo que o sujeito consegue sustentar a emissão vocal após uma inspiração. No caso da população infantil sem disfonia, o TMF deve acompanhar a idade da criança em anos [5,6].

Sem um entendimento de como as medidas da voz pediátrica normal se desenvolvem e mudam com o tempo, a capacidade de usar essas medidas na avaliação de crianças com distúrbios da voz e sua resposta aos tratamentos é limitada [1,2,6].

Devido à escassa literatura sobre os temas e, principalmente, como se relacionam na população infantil, esta pesquisa tem como objetivo correlacionar os TMF de vogais e medidas espectrográficas de crianças sem disfonia com idade entre 4:00 e 7:11.

MÉTODOS

A presente pesquisa deriva de um projeto maior, registrado e aprovado no Comitê de Ética e Pesquisa com Seres Humanos (CEP) da instituição de origem (0306.0.243.000-10) e utilizou Termo de Autorização Institucional (TAI) e Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) [7].

Esta pesquisa foi quantitativa, transversal, retrospectiva em banco de dados, aprovada no CEP (57327616.3.0000.5346) e iniciou após a assinatura do TAI pela instituição onde estava o banco de dados e as juízas que analisaram as espectrografias assinaram um TCLE.

De acordo com o cálculo amostral, com significância de 5%, a amostra prevista foi de 385 crianças. Foram enviados 3.240 TCLE e retornaram 2.021. Após a aplicação dos critérios de inclusão e de exclusão, a pesquisa foi composta por 299 crianças.

1 Seleção das escolas

A coleta de dados na pesquisa de origem foi realizada em escolas particulares e públicas de um município de pequeno porte, foram sorteadas as instituições

participantes por meio de listagem por ordem alfabética e de rede de ensino, sendo que, a cada três, uma era excluída.

2 Aplicação dos critérios de inclusão e de exclusão

Após o aceite das escolas foram enviados aos pais os TCLE contendo um questionário sobre o histórico da criança, dessa maneira foram aplicados os critérios de inclusão e de exclusão. Critérios de inclusão: crianças; com idades entre 4:00 e 7:11 anos [8,9]; no dia da avaliação não apresentar disfonia e a concordância oral da criança. Foram excluídas crianças com: relato dos pais de desenvolvimento neuropsicomotor atrasado, alterações psiquiátricas, neurológicas, posturais ou pulmonares; relato de síndromes; observação de deformidades físicas e alterações estruturais graves e congênitas que pudessem comprometer a fonação ao nível respiratório, fonatório e /ou articulatório; estar sob tratamento fonoaudiológico para a voz; perda auditiva; histórico de cirurgia ou má formação na região orofacial que impedissem a adequada produção vocal nas avaliações; gripe e alergias respiratórias que limitassem o desempenho no dia das avaliações; fazer aulas de canto [10].

2.1 Triagem auditiva

Após a primeira etapa de seleção, as crianças passaram pela triagem auditiva por meio da varredura de tons puros nas frequências de 1000 a 4000 Hz a 20 dB (res.364/09 Conselho Federal de Fonoaudiologia), foi utilizado audiômetro *Amplivox*, modelo 2011, tipo A260em sala com nível de pressão sonora abaixo de 50 dBNPS, verificado por medidor de nível de pressão sonora digital Icel- DL-4200 (res.274/01 Conselho Federal de Fonoaudiologia). As crianças que não passaram na triagem auditiva foram excluídas da pesquisa.

2.2 Avaliação Vocal Perceptivo-auditiva

Para selecionar as crianças sem disfonia, foi realizada análise perceptivo-auditiva por meio da aplicação do Consenso da Avaliação Perceptivo Auditiva da Voz (CAPE-V) (ASHA, 2002), adaptado ao português brasileiro [11]. Foram gravadas amostras da voz por meio da repetição de seis frases do protocolo, emissão das vogais /a/ e /i/, em *pitch* e *loudness* usuais, além de 20 s de fala espontânea, sobre o que a criança gostava de fazer na hora do recreio e brincadeira de preferência.

As gravações foram enviadas a três juízas fonoaudiólogas, com experiência em voz, que classificaram as vozes conforme orientações do protocolo. Devido às

características vocais próprias da infância, crianças com rouquidão e soprosidade em grau discreto foram consideradas sem disfonia [4,8,9].

As juízas não tinham conhecimento dos objetivos da pesquisa, sexo e idade das crianças avaliadas.

Foram enviados 3.240 TCLE, 2.021 retornaram e foram aplicados os critérios de seleção, restando 299 crianças sem disfonia com idade entre 4:00 e 7:11 anos.

3 Coletas

3.1 Coleta dos TMF

Para a avaliação aerodinâmica da voz, foram coletados os TMF de /a/ e /i/ e /u/, três vezes cada vogal, considerando-se a de maior valor. As crianças deveriam estar em posição ortostática e emitir as vogais em tempo máximo após uma inspiração profunda, em *pitch* e *loudness* usuais. Os TMF foram gravados meio de gravador profissional *Zoom*, modelo H4n, com captação do sinal em 96 kHz, 16 *bits*, e sinal de entrada regulado em 50%. Foi acoplado ao gravador o microfone *Behringer* ECM 8000, omnidirecional, com faixa plana de captação de frequências de 15 a 20 kHz, posicionado a uma distância fixa de 4 cm para a gravação dos TMF e 10 cm para a fala (CAPE-V), em sala com ruído ambiental inferior a 50 dBNPS [3,9]. Os registros dessas coletas formaram um banco de dados utilizado nesta pesquisa.

3.2 Coleta EBE e EBL

A partir da coleta da vogal /a/, foi realizada a EBE e EBL, para isso foi utilizado o software *Real Time Spectrogram* (RTS) da *KayPentax*®. Foi selecionado o trecho mais estável para análise. A janela de análise foi padronizada em 3 s, excluindo-se o ataque vocal e o final das emissões devido à instabilidade desses trechos.

Na EBE, foi aplicado filtro de 1024 *points* (63.09 Hz) e na EBL, filtro de 100 *points* (646.00 Hz), com captação de 11 kHz e 16 *bits* de conversão analógico-digital e janela de 5 kHz.

3.3 Avaliação EBE e EBL

Os exames de EBE e EBL formaram um banco de imagens enviado para a análise de três juízas fonoaudiólogas com experiência em voz.

Na EBE, foram avaliados: intensidade da cor do traçado, definição, regularidade e número de harmônicos, presença de sub-harmônicos, presença de ruído e substituição de harmônicos por ruído; todos os aspectos foram avaliados em

todo o espectrograma e nas baixas, médias e altas frequências. Na EBL, foram avaliados: intensidade da cor do traçado dos F (F1, F2, F3 e F4), das baixas, médias e altas frequências e de todo o espectrograma vocal; regularidade do traçado em todo espectrograma vocal e nas baixas, médias e altas frequências; definição, regularidade e largura de banda de F1, F2, F3 e F4; e anti-ressonância imediatamente acima de F1, em todo espectrograma vocal e nas baixas, médias e altas frequências [12,13,14,15]. Foram consideradas baixas frequências até 1500 Hz, médias frequências entre 1500 e 3000 Hz e altas frequências acima de 3000 Hz [16,17,18].

As juízas deveriam fazer o *download* das espectrografias e protocolos. Cada parâmetro deveria ser analisado por meio de escala analógico-visual linear de 100 mm posteriormente convertidos em percentual. Para auxiliar a avaliação, foram enviados um modelo de EBE e de EBL de criança sem disfonia. Foi calculada a média dos valores de cada juíza para cada parâmetro analisado para o tratamento estatístico. As juízas não tinham conhecimento da idade e sexo das crianças, nem dos objetivos da pesquisa.

3.4 Análise Estatística

Devido a não normalidade dos dados, verificado por meio do teste de Shapiro Wilk, foi realizado o teste de Correlação de Spearman para avaliar a correlação a entre EBE e TMF e entre EBL e TMF. O nível de confiança utilizado foi de 95%, a população foi descrita por meio da média dos parâmetros, desvio-padrão e frequência.

RESULTADOS

A amostra estudada foi composta por 299 crianças com idade média de 5,7anos e maioria (53,2%) de meninas.

Na tabela 1, são apresentados os resultados das correlações entre TMF das vogais /a, i, u/ e dados da EBE. Foi encontrada correlação positiva entre substituição de harmônico por ruído nas baixas frequências e TMF/a/.

Tabela 1- Coeficiente de correlação de Spearman entre TMF /a, i, u/ e EBE

	TMF/a/		**TMF/i/**		**TMF/u/**	
	-r	**p-valor**	**-r**	**p-valor**	**-r**	**p-valor**

Intensidade	Baixas frequências	-0,04	0,46	0,01	0,81	0,02	0,70
	Médias frequências	-0,03	0,60	0,01	0,88	0,01	0,81
	Altas frequências	-0,06	0,32	-0,01	0,85	-0,02	0,75
	Todo o espectrograma	-0,06	0,28	0,01	0,87	0,01	0,84
Presença de ruído	Baixas frequências	-0,02	0,71	-0,02	0,76	-0,04	0,44
	Médias frequências	0,00	0,99	-0,01	0,87	-0,04	0,52
	Altas frequências	-0,03	0,63	-0,01	0,83	-0,06	0,31
	Todo o espectrograma	-0,02	0,68	-0,03	0,58	-0,08	0,19
Substituição de harmônicos por ruído	Baixas frequências	0,11	0,05*	0,07	0,22	0,04	0,48
	Médias frequências	0,05	0,39	0,05	0,42	0,03	0,56
	Altas frequências	0,02	0,72	0,03	0,63	0,02	0,71
	Todo o espectrograma	0,02	0,67	0,02	0,72	0,03	0,62
Definição e regularidade dos harmônicos	Baixas frequências	-0,06	0,32	-0,03	0,56	-0,08	0,17
	Médias frequências	-0,09	0,12	-0,03	0,63	-0,03	0,56
	Altas frequências	-0,02	0,72	0,02	0,78	0,01	0,90
	Todo o espectrograma	-0,06	0,27	0,01	0,90	0,00	0,95
Número de harmônicos	Baixas frequências	0,01	0,92	0,05	0,38	0,05	0,40
	Médias frequências	-0,06	0,28	-0,02	0,72	-0,01	0,82
	Altas frequências	-0,07	0,24	-0,01	0,81	0,00	0,97
	Todo o espectrograma	-0,05	0,35	0,00	0,94	0,00	0,94
Presença de sub-harmônicos	Baixas frequências	-0,06	0,28	-0,03	0,61	-0,01	0,91
	Médias frequências	0,08	0,19	0,06	0,27	0,03	0,64
	Altas frequências	0,02	0,74	0,00	0,94	-0,04	0,48
	Todo o espectrograma	0,06	0,29	0,04	0,52	-0,01	0,90

Legenda: TMF – tempo máximo de fonação

Teste de Correlação de Spearman; *p ≤ 0,05

Na tabela 2, são apresentadas as correlações entre os TMF e dados da EBL, sendo encontrada correlação negativa entre intensidade de F4, em todo o espectrograma e largura de banda de F1 com o TMF/u/, correlação positiva entre anti-ressonância logo após F1 e nas altas frequências com o TMF/u/.

Tabela 2- Coeficiente de correlação de Spearman entre TMF /a, i, u/ e EBL

	/a/		**/i/**		**/u/**	
	r	**p-valor**	**r**	**p-valor**	**r**	**p-valor**

Intensidade	F1	-0,01	0,83	-0,01	0,82	-0,03	0,60
	F2	-0,01	0,87	-0,05	0,39	-0,08	0,19
	F3	-0,07	0,25	-0,05	0,35	-0,07	0,22
	F4	-0,09	0,12	-0,10	0,08	-0,11	0,05*
	Baixas frequências	-0,07	0,21	-0,07	0,26	-0,06	0,27
	Médias frequências	-0,07	0,21	-0,06	0,32	-0,08	0,16
	Altas frequências	-0,06	0,34	-0,06	0,32	-0,09	0,14
	Todo o espectrograma	-0,04	0,48	-0,09	0,13	-0,11	0,05*
Definição	F1	0,00	0,94	-0,05	0,35	-0,09	0,12
	F2	-0,05	0,41	-0,07	0,26	-0,09	0,14
	F3	-0,04	0,53	-0,07	0,23	-0,07	0,21
	F4	-0,02	0,71	-0,06	0,32	-0,04	0,46
Regularidade	Baixas frequências	-0,03	0,67	-0,05	0,41	-0,03	0,55
	Médias frequências	-0,08	0,16	-0,10	0,09	-0,08	0,15
	Altas frequências	-0,02	0,70	-0,04	0,51	-0,03	0,58
	Todo o espectrograma	-0,07	0,23	-0,09	0,12	-0,09	0,10
Largura de banda	F1	-0,06	0,29	-0,10	0,09	-0,12	0,04*
	F2	-0,06	0,28	-0,08	0,14	-0,10	0,09
	F3	-0,07	0,21	-0,08	0,15	-0,09	0,11
	F4	-0,03	0,55	-0,04	0,47	-0,07	0,22
Anti-ressonância	Logo após F1	0,06	0,34	0,11	0,06	0,12	0,04*
	Baixas frequências	-0,01	0,87	0,04	0,52	0,08	0,19
	Médias frequências	0,04	0,45	0,07	0,24	0,11	0,05
	Altas frequências	0,06	0,32	0,09	0,13	0,12	0,04*
	Todo o espectrograma	0,04	0,46	0,07	0,20	0,11	0,05

Legenda: teste de correlação de Spearman; *p ≤ 0,05

DISCUSSÃO

Encontrou-se correlação positiva entre a substituição de harmônico por ruído nas baixas frequências na EBE e o TMF/a/ (tabela 1). A presença de harmônicos indica melhor coaptação glótica [14]. Em nosso estudo, à medida que o TMF/a/ aumentou, a presença de ruído nas baixas frequências foi maior, sugerindo perda da qualidade vocal à medida que avançou o tempo de sustentação da vogal.

A presença e quantidade dos harmônicos estão associadas à maior qualidade vocal em nível de fonte glótica, pois os harmônicos são derivados da frequência fundamental da voz [19], melhor evidenciados pela EBE [14,19].

Estudo com 196 crianças com faixa etária entre 7:00 e 10:00 anos, divididas em 44 no grupo de estudo, que viviam em situação de rua, e grupo de controle com

152 crianças, verificou a estabilidade e intensidade (grau de escurecimento) de harmônicos no espectrograma. As crianças do grupo de estudo tiveram os harmônicos mais definidos e com menos componentes de ruído do que as crianças do grupo de controle e foram consideradas com a voz mais semelhante à produção vocal de adultos [4].

As medidas acústicas Harmonics-to-Noise Ratio (HNR) e Noise-to-harmonic Ratio (NHR) analisam a relação entre o número de harmônicos e a quantidade de ruído vocal. Pesquisa com 251 crianças com idade entre 3:00 e 16:00 anos, divididas em grupo controle, com papiloma laríngeo, nódulos vocais e refluxo gastroesofágico e grupo com disfonia funcional analisou diferentes medidas vocais. A HNR foi a medida que melhor diferenciou as crianças com alterações laríngeas estruturais das alterações funcionais, mostrando menores valores (indicando maior presença de ruído) no grupo com alterações laríngeas [20].

Em pesquisa com crianças de 4:00 a 6:00 anos de idade, observaram-se maiores valores de NHR (indicando maior presença de ruído) nas crianças menores, sugerindo-se que o aumento da idade favorece maior estabilidade vocal [5]. No entanto, pesquisa com crianças de faixa etária de 4:00 e 12:00 anos não encontrou diferença na medida NHR conforme a idade [9].

Embora as pesquisas tenham utilizado metodologias diferentes, pode-se relacionar a quantidade de ruído vocal com maiores alterações laríngeas e imaturidade vocal [5,20] e, de acordo com nossos resultados, com decréscimo de qualidade vocal ao longo do tempo de sustentação da emissão.

Na EBL, que evidencia as características do filtro mais do que as de fonte glótica, observou-se que ocorreu diminuição da intensidade do traçado de F4 e em todo o espectrograma quando o TMF/u/ aumentou (tabela 2). A perda de intensidade do traçado significa possível escape aéreo ou perda de pressão sonora [21,22] com prejuízo de *loudness* e de projeção vocal, conforme aumentou o TMF/u/.

A largura de banda do F está relacionada a aspectos de nasalidade e escape aéreo durante a fonação. Pesquisa que avaliou largura de banda do F em crianças pós-cirurgia do seio endonasal observou diminuição nos valores [23]. Na presente pesquisa, à medida que diminuiu o TMF/u/, aumentou a largura de banda de F1 e o parâmetro de anti-ressonância aumentou à medida que o TMF/u/ aumentou (tabela 2), mostrando perda da qualidade vocal com presença de nasalidade, escape aéreo e diminuição da pressão sonora em qualquer sustentação da vogal /u/ [23].

Em nosso estudo, houve perda de qualidade vocal (com aumento de ruído, escape aéreo, de pressão sonora e ou de nasalidade) à medida que o TMF/a/ aumentou e na sustentação do TMF/u/. Apesar dos estudos supracitados utilizarem metodologias diferentes, os conceitos dos parâmetros utilizados na análise acústica são semelhantes, demonstrando mudanças no desempenho vocal que correspondem a um trato vocal infantil em processo de crescimento e desenvolvimento anatomofisiológico. Deve-se levar em conta, ainda a fadiga e a incoordenação pneumofonoarticulatória esperadas em sustentações de emissões vocais que geram perda de qualidade [4,8].

As limitações deste trabalho estão relacionadas à escassez de estudos sobre o tema, além dos diferentes protocolos, métodos e faixas etárias das crianças estudadas. Portanto, visa contribuir com dados atuais sobre as medidas espectrográficas de crianças sem disfonia.

CONCLUSÃO

O aumento do tempo de sustentação da vogal /a/mostrou maior presença de ruído na EBE e o aumento do tempo de sustentação de /u/ mostrou aumento da anti-ressonância e menor intensidade da cor do traçado na EBL, evidenciando perda da qualidade vocal com o tempo de sustentação.

Apoiadores

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] Barona-Lleo L, Fernandez S. Hyperfunctional Voice Disorder in Children With Attention Deficit Hyperactivity Disorder (ADHD). A Phenotypic Characteristic? JVoice, 2016; 30(1): 114-119.

[2] Brockmann M, Beyer D, Bohlender JE. Reliable acoustic measurements in children between 5 and 9 years. Int J Pediatr Otorhinolaryngol. 2015; 79(12): 2035–2042.

[3] Viegas F, et al.. Parâmetros Espectrais da Voz em Crianças Respiradoras Orais. Rev CEFAC., 2009, 12(4):820-883.

[4] Sales NJ, Queiroz GR, Rebelo GMI, Oliveira CE, Prado-Barreto, VM, Todt-Neto, JC, Neyra, CDF, Sampaio, J. Vocal Function and Vocal Discomfort in Sheltered and Non-Sheltered 7- to 10-Year-Old School Children in Aracaju, Brazil. J Voice, 2013; 27(5):180-187.

[5] Cielo CA, Cappellari VM. Maximum phonation time in pre- school children RevBras de Otorrinol, 2008; 74(4), 552-560.

[6] Vorperian HK, Kent RD. Vowe lAcoustic Space Development. J Speech Hear Res, 2007; 50(6):1510 –1545.

[7] Finger LS. Características vocais de crianças relacionadas com idade e indicadores antropométricos [tese]. Universidade Federal de Santa Maria, 2015.

[8] Oliveira RC, Teixeira LC, Gama ACC, Medeiros AM. Auditory-perceptive, acoustic and vocal self-perception analyses in children. J Soc Bras de Fonoaudiol, 2011; 23(2):158-163.

[9] Tavares ELM, Brasolotto A, Padovan MF, Martins RHG. Epidemiological study of dysphonia in 4-12 year-old children. Braz J of Otorhinol,2011; 77(6), 736-746.

[10] Finger LS, Cielo CA, Schwarz K. Acoustic vocal measures in women without voice complaints and with normal larynxes. Braz J of Otorhinol,2009; 75(3): 432-440.

[11] Behlau M. Consensus Auditory- Perceptual Evaluation of Voice.(CAPE-V),ASHA 2003. Refletindo sobre o novo. RevSocBrasFonoaudiol. 2004;9(3):187-189.

[12] Schwarz K, Cielo, CA. Modificações laríngeas e vocais produzidas pela técnica de vibração sonorizada de língua. Pró-Fono R Atual Cient. 2009; 21 (2): 161-166.

[13] Côrtes MG, Gama ACC. Análise visual de parâmetros espectrográficos pré e pós-fonoterapia para disfonias. RevSocBrasFonoaudiol., 2010; 15(2): 243-249.

[14] Falcão LMG, Masson MLV, Oliveira G, Behlau M. Spectrographic analysis of the effect of vocal warm-up on the voice of choir girls. AudiolCommun Res.2014; 19(4): 380-386.

[15] Valentim AF, Côrtes MG, Gama ACC. Efeito do treinamento com espectrogramas. RevSocBrasFonoaudiol, 2010;15(3): 335-342.

[16] Rodriguez-Parra MJ, Adrian JA, Casado JC. Comparing voice-therapy and vocal-hygiene treatments in dysphonia using a limited multidimensional evaluation protocol. J CommunDisorders. 2011; 44(6): 615-630.

[17] Batalla FN. et al. El espectrograma de banda estrecha como ayuda para elaprendizajedel método GRABS de análisis perceptual de ladisfonía. Acta Otorrinolaringol Esp. 2011; 63(3):173-179.

[18] Sprecher A, Olszewski A, Jiang JJ. Updatingsignaltyping in voice: Additionoftype 4 signals. J AcoustSoc Am. 2010; 127 (6): 3710-3716.

[19] França FP, Evangelista DS, Lopes LW. Revisão sistemática sobre os formantes e a produção da voz e fala. PROLING/UFPB, 2017; 12(1): 2-16.

[20] Niedzielska G. Acoustic analysis in the diagnosis of voice disorders in children. **Int** J Pediatr Otorhinolaryngol., 2001; 57(2): 189–193.

[21] Wan P, Huang Z, Zheng Q. Acoustic elementary research on voice resonance of Chinese population. LinChungEr Bi Yan HouTouJingWaiKeZaZhi, 2010; 24(6): 250-252.

[22] Masapollo M, Polka L, Ménard L. When infants talk, infants listen: prebabbling infants prefer listening to speech with infant vocal properties. DevSci. 2016; 19(2):318-328.

[23] Gogniashvili G, Japaridze SH, Khujadze M. Influence of acoustic rhinometry, rhinoresistometry and endoscopic sinus surgery on voice quality. GeorgianMed News, 2009; 17(6): 30-34.

6 DISCUSSÃO GERAL

Os estudos que descrevem as características vocais e laríngeas das crianças são escassos, principalmente se for considerada a alta prevalência de disfonia na infância e as particularidades da voz infantil (RAMOS, SOUZA, GAMA 2017).

Os resultados apresentados permitem caracterizar a amostra com média de idade de 5:69 anos, maioria percentual de meninas, com Tempos Máximos de Fonação (TMF) discretamente abaixo do esperado para a média de idade, mas sem significância estatística.

Aos 6:00 a 6:11 anos de idade, os TMF foram mais próximos da normalidade, bem como houve maior estatura média; aos 7:00 a 7:11 anos, os TMF ficaram mais distantes da normalidade e a estatura média foi menor do que aos 6:00 a 6:11 anos. Houve maior aumento de estatura dos 4:00 a 4:11, para os 5:00 a 5:11 anos e dos 5:00 a 5:11 para os 6:00 a 6:11 anos.

Em estudo com 71 crianças de 6:00 a 10:00 anos de idade sem queixas vocais, os valores de TMF de /a/, /i/ e /u/ foram 10,44 s; 11,22 s e 10,09 s para as meninas e 9,90 s; 10,69 s e 10,19 s para os meninos, nas idades de 6:00, 7:00 e 8:00 anos. A estatura média dos sujeitos (em cm) encontrada de acordo com a idade, foi: 112,7 cm para 4:00 anos, 115,5 cm para 5:00 anos, 120,0 cm para 6:00 anos, 127,0 cm para 7:00 anos (ROCKENBACK, FEIJÓ, 2000). Todos esses dados, com exceção da estatura aos 6:00 anos, divergiram do presente trabalho cujos resultados foram menores.

Para as vogais analisadas na pesquisa citada (ROCKENBACK, FEIJÓ, 2000), houve diferença estatisticamente significante nas idades mais distantes, ou seja, entre 4:00 e 10:00, 4:00 e 9:00, e 4:00 e 8:00 anos. Entre faixas etárias mais próximas entre si a diferença entre as médias não foi significante. Este fato demonstra que, com o avançar da idade e aumento da estatura, a criança adquire maior tempo de sustentação das vogais /a/, /i/ e /u/ (ROCKENBACK, FEIJÓ, 2000). Isso está de acordo com os resultados deste trabalho, com exceção da vogal /u/ aos 7:00 anos que foi diminuída.

Pesquisa com 20 sujeitos com faixa etária entre 10:00 e 18:00 anos, coralistas, avaliou os TMF e os comparou com a idade cronológica. Concluiu-se que a maioria percentual apresentou TMF acima do indicado pela literatura, resultado

que pode ter relação com a demanda e treino vocal (ROSA, PRESTES, MARGALL, 2014). Isto discorda dos resultados deste estudo que encontrou os TMF de crianças de 4:00 a 7:11 anos acompanhando o aumento de idade e dentro do previsto pela literatura, ocorrendo o mesmo com os trabalhos citados a seguir.

Para o público infantil, os valores de TMF em segundos acompanham o valor da idade cronológica da criança em anos (FABRON et al., 2006; CIELO, CAPPELLARI, 2008; TAVARES et al., 2012; WEINRICH et al., 2013; FINGER, 2015; RAMOS, SOUZA, GAMA, 2017). A idade cronológica também acompanhou os valores dos TMF de /a/, /s/ e /z/ em pesquisa com 1660 crianças com faixa etária entre 4:00 e 12:00 anos (TAVARES et al., 2012).

Pesquisa com 23 crianças pré-escolares, com idade entre 4 e 6:8 anos encontrou TMF da vogal /a/ de 5,77 s na faixa etária de 4 anos, 7,16 s no grupo de 5 anos e 10,32 s no grupo de 6 anos, os menores valores na faixa etária dos 4 anos foram relacionados à imaturidade neurológica em coordenar a sustentação dos TMF (CIELO, CAPPELLARI, 2008).

Em estudo com 106 crianças respiradoras nasais na faixa etária entre 4:00 e 10:00 anos, divididas em faixas de 4:00, 5:00, 6:00, 7:00, 8:00, 9:00 e 10:00, foi encontrada média aproximada de 5 s para as vogais na faixa de 4:00 anos, 6 s na faixa de 5:00 anos, 6 s na faixa de 6:00 anos e 9 s na faixa de 7:00 anos (FABRON et al., 2006).

Na amostra estudada, os resultados dos TMF foram menores, mas não houve significância estatística mostrando que se encontram dentro da faixa de normalidade, e também aumentaram com a idade.

Estudo com 180 crianças divididas em dois grupos, com faixa etária entre 7:00 e 10:00 anos, concluiu que os TMF de /a/, /i/ e /u/ acompanharam a faixa etária das crianças menores no grupo de estudo e ficaram abaixo do esperado no grupo de controle. As crianças do grupo de estudo viviam em situação de rua e utilizavam a voz de maneira diferente pois tinham que vender mercadorias na rua para o sustento financeiro (SALES et al., 2013).

Em pesquisa com 60 crianças de faixa etária entre 6:00 e 17:11, foram avaliadas medidas aerodinâmicas de acordo com o sexo e idade. Na faixa etária dos 6:00 aos 9:11, a média de TMF foi de 11,3 s para meninas e 12,5 s para meninos. A faixa etária dos 14:00 aos 17:11 apresentou maiores valores de TMF, volume

expiratório e resistência aerodinâmica quando comparados à faixa etária dos 6:00 aos 9:00 (WEINRICH et al., 2013).

No presente trabalho, os TMF apresentaram correlação positiva com a estatura e a idade, concordando com os trabalhos citados anteriormente em relação à idade e com a escassa literatura que mostra aumento da estatura e TMF (FABRON et al., 2006).

A estatura está relacionada com a medida de Capacidade Vital (CV), cuja finalidade é avaliar a quantidade de ar pulmonar que o indivíduo possui. A CV é influenciada por outros fatores como faixa etária, sexo e condições de saúde (WEINRICH et al., 2013; KALLVIK, SAVOLAINEN, SIMBERG, 2017). O Consenso sobre Espirometria listou fatores que interferem na função pulmonar, sendo os principais o sexo, a estatura e a idade, nesta ordem. O sexo responde por 30% da variação pulmonar, os volumes pulmonares são maiores no sexo masculino. Porém, na infância, a estatura é o fator que exerce a maior influência sobre a CV (FABRON et al., 2006; WEINRICH et al., 2013). Isto converge para o resultado de correlação positiva entre a estatura e os TMF no presente estudo.

Quanto à idade, este trabalho encontrou correlação com os TMF. A literatura pesquisada e citada nesta pesquisa também encontrou aumento de TMF com o aumento da idade, mas não apresentou qualquer menção à existência de correlação positiva entre essas variáveis (ROCKENBACK, FEIJÓ, 2000; TAVARES et al., 2012; CIELO, CAPPELLARI, 2008; FABRON et al., 2006; SALES et al., 2013).

Artigo de revisão de literatura (RAMOS, SOUZA, GAMA, 2017) citou publicações em diferentes bases de dados, porém, foram encontrados poucos trabalhos sobre o tema, o mesmo ocorrendo com a presente pesquisa. Portanto, a escassez de estudos recentes sobre TMF de crianças é um limitador para a discussão de resultados deste estudo.

Referente à avaliação vocal, um único método não é capaz de abranger todas as particularidades presentes na produção vocal. A escolha do conjunto de métodos está dependente de vários aspectos como o propósito da avaliação (avaliação clínica ou de pesquisa), a facilidade de uso da técnica (invasiva ou não-invasiva), a fiabilidade, o tempo de execução e de análise da informação, acessibilidade do equipamento e a existência de dados de referência. Entre os métodos disponíveis, o acústico se caracteriza por ser fácil, rápido, acessível e devolve medidas

quantitativas de alto valor descritivo em avaliações multiparamétricas (SOUSA, FREITAS, FERREIRA, 2011).

Em nossa pesquisa, na Espectrografia de Banda Estreita (EBE), observou-se em **grau normal**: presença de ruído das baixas frequências; substituição de harmônico por ruído nas médias, altas e baixas frequências; definição e regularidade e número de harmônicos nas baixas e médias frequências. Em **grau leve**: intensidade da cor do traçado nas baixas frequências; presença de ruído nas médias frequências; e presença de sub-harmônicos nas altas frequências. Em **grau moderado**: intensidade da cor do traçado nas baixas frequências; presença de ruído nas médias frequências; e presença de sub-harmônicos nas altas frequências. Na Espectrografia Banda Larga (EBL), a definição e largura de F4 e a anti-ressonância foram normais, os demais parâmetros foram classificados em grau leve.

Estudo encontrou que os parâmetros perceptivo-auditivos de grau geral da disfonia, rouquidão/aspereza, soprosidade e instabilidade se relacionaram com traçado irregular dos harmônicos nos espectrogramas em mais de 66% dos casos avaliados; quebras de sonoridade na voz se relacionaram com falhas do traçado em 62.5%; disfonia e instabilidade vocal com ruído entre os harmônicos em 97.4%; disfonia, rouquidão/aspereza com diminuição da concentração de energia nas altas frequências em 48.7%; disfonia, rouquidão/aspereza e sub-harmônicos em 79.5% (VALENTIM, CORTES, GAMA, 2010).

Na amostra estudada, foram consideradas como características vocais normais para crianças grau discreto de rouquidão, nasalidade e soprosidade devido às particularidades anatomofisiológicas próprias da idade (VORPERIAN, KENT, 2007; ANGELILLO et al., 2008; OLIVEIRA et al., 2011). Na EBE, a regularidade e definição dos harmônicos, relacionadas com rouquidão, aspereza e soprosidade foram maiores nas baixas frequências, em grau normal, e a presença de sub-harmônicos em grau leve, relacionada com rouquidão e aspereza, foi maior nas altas frequências.

Em estudo com 30 crianças com voz normal, com idades entre 7:00 e 9:00 anos, comparadas com adultos e idosos, foi observado maior número de Formantes (F) em 3.5 kHz, amplificação dos harmônicos nas baixas frequências, e F1, F2, F3 mal definidos e irregulares quando comparados a adultos e idosos (VANZELLA,2010). Em nosso estudo, o número de harmônicos foi maior nas altas e médias frequências, porém, foram mais definidos nas baixas frequências.

Em pesquisa com 14 meninas entre 9:00 e 12:00 anos de idade, participantes de um coral, foi aplicada EBE por meio de escala analógico-visual de 100 mm. Os resultados foram: instabilidade do traçado em 50.36 mm; ruído nas frequências baixas em 57.50 mm e nas altas em 53.57 mm; número de harmônicos em 42.50 mm; presença de sub-harmônicos em 14.86 mm (FALCÃO et al., 2012). Observam-se valores semelhantes à nossa pesquisa nos parâmetros presença de ruído e harmônicos nas frequências altas, mas a presença de sub-harmônicos apresentou valores maiores no nosso estudo. Ressalta-se que no estudo supracitado foi utilizada a vogal /ɛ:/, além da faixa etária maior que apresenta maior estabilidade e periodicidade da emissão do que crianças menores (CIELO, CAPPELLARI, 2008; OLIVEIRA et al., 2011), fato que justifica as diferenças encontradas ao se comparar os resultados.

Estudo com 320 crianças, com idades entre 4:00 e 11:00 anos, analisou as EBL conforme o aumento da idade das crianças. Concluiu-se que a energia espectral, em todas as frequências abaixo de 5.75 kHz, aumentou conforme a idade e acima de 5.75 kHz diminuiu. A diminuição da energia acima de 5.75 kHz foi atribuída ao desenvolvimento de padrões de fechamento glótico mais completo, resultando em redução de escape aéreo durante a fonação (SERGEANT, WELCH, 2008). Em nosso estudo, tanto na EBE como na EBL, todas as faixas de frequência até 5 kHz mostraram intensidade da cor do traçado semelhante.

Nos parâmetros intensidade da cor do traçado, definição e largura de banda dos F na EBL, houve sutil diminuição de valores ao se observar os dados do F1 até F4, principalmente no parâmetro “largura de banda”. Em estudo com 20 bebês com idade entre 4 e 24 meses, foi observada diminuição na largura de banda de F com a idade. A largura de banda de F está relacionada com a presença de nasalidade na voz e com a funcionalidade do esfíncter velofaríngeo que é imatura até os 2:00 anos de idade (VORPERIAN, KENT, 2007).

As mudanças anatômicas do trato vocal com o avanço da idade foram comprovadas em estudo com 192 participantes, divididos conforme o sexo,com idades entre 4:00 e 93:00 anos, sendo seis crianças. As medidas de frequência fundamental, pressão sonora e da relação sinal-ruído tiveram grande variabilidade na faixa etária infantil devido às características laríngeas específicas da idade (STATHOPOULOS, HUBER, SUSSMAN, 2011).

As diferenças observadas na voz de meninos e meninas são principalmente devidas ao comprimento faríngeo que influencia F1 (relacionado ao tamanho da abertura da boca e à elevação laríngea), às diferenças de tamanho do trato vocal e articulatórias (HUBER et al., 1999).

O crescimento corporal das meninas desacelera mais cedo do que o dos meninos e influencia a produção vocal que se estabiliza antes. O trato vocal das meninas torna-se semelhante ao das mulheres em torno de 12:00 anos de idade, enquanto meninos aos 14:00 anos ainda apresentam mudanças de crescimento importantes. As frequências dos F das meninas são maiores do que as dos meninos na mesma faixa etária, mesmo nos grupos de crianças pequenas (4:00 anos). Isso indica que a postura articulatória se torna mais aberta à medida que a frequência dos F aumenta, provavelmente devido às diferenças de comportamentos sociais entre meninos e meninas (HUBER et al., 1999).

Em pesquisa com crianças divididas em grupos de 4:00, 6:00, 8:00, 12:00 e 16:00 anos, foi realizada a comparação da frequência dos F conforme o sexo. O valor das frequências dos F foi maior nas meninas desde os 4:00 anos. Essas diferenças entre os sexos são atribuídas ao tamanho do trato vocal, além das variações de posturas articulatórias como arredondamento labial e abertura da mandíbula (PERRY, OHDE, ASHMEAD, 2001).

Em nosso estudo, não foram encontradas diferenças nas EBE e EBL conforme o sexo, contrariando as pesquisas anteriores. No entanto, nssos resultados estão de acordo com aqueles de estudo com 15 meninas e 15 meninos com voz normal e idades entre 7:00 e 10:00 anos que teve como objetivo identificar as diferenças entre os sexos por meio da análise acústica. Foram avaliados número de harmônicos, frequência fundamental de fala, equivalent continuous sound level (Leq) – nível de pressão sonora durante determinado tempo, frequência dos F e pico de proeminência cepstral e não foram encontradas diferenças entre os sexos (GUZMAN et al., 2014).

Porém, a maioria das medidas de EBL apresentou correlação negativa significante com a idade e com a estatura. A largura de banda dos F teve correlação negativa com a idade e a estatura e a anti-ressonância teve correlação positiva com a idade e a estatura, sendo que o aumento da largura de banda dos F e o aumento da anti-ressonância estão relacionados com a presença de nasalidade e ruído na

voz (PERRY, OHDE, ASHMEAD, 2001; VANZELLA, 2006; YANG et al., 2018) esperada em crianças normais (OLIVEIRA et al., 2011; TAVARES et al., 2012).

Ainda, quanto maior a idade e a estatura, menores foram os valores de intensidade do traçado, regularidade e definição de frequências e de F. Isso também pode ser decorrente do fato de que, em crianças normais, é esperado um grau discreto de soprosidade, rouquidão e nasalidade na voz (OLIVEIRA et al., 2011; TAVARES et al., 2012; VIEGAS et al., 2009 NEMR et al., 2016; MARTINS, COUTO, GAMA, 2015), repercutindo nesses parâmetros espectrográficos conforme a criança vai crescendo e se modificando com a idade e estatura.

Tais resultados são coerentes com estudo que comparou espectrografias de crianças e adultos e concluiu que as medidas de regularidade e definição dos F nas crianças ainda não estavam claras quando comparadas aos adultos. O resultado foi atribuído à imaturidade das pregas vocais e das estruturas da musculatura orofacial que articulam os fonemas (VANZELLA, 2006).

Estudo sobre o crescimento orofacial relacionou a faixa etária dos 6:00 aos 11:00 anos com o período de maior mudança nas estruturas e funções do sistema estomatognático. Isso ocorre especialmente pela troca de dentição decídua pela permanente o que permite que a maxila, mandíbula, língua e lábios assumam posições diferentes conforme a fase de crescimento ósseo e dentário. Nesse período, ocorrem adaptações funcionais até que as estruturas atinjam um equilíbrio funcional e estrutural (MERIGHI, 2006), o que pode justificar nossos achados na EBL, mais relacionada com as características de filtro vocal influenciadas pelo sistema estomatognático (VANZELLA, 2006; FALCÃO et al.,2012; KENT, VORPERIAN, 2018; YANG et al., 2018).

O filtro de banda estreita mostra com precisão as frequências do componente do sinal (harmônicos e padrão de entonação) e está relacionado com as características de fonte glótica mais do que com as do filtro vocal (HUBER et al., 1999; PERRY, OHDE, ASHMEAD, 2001; TITZE,1994; AZEVEDO, 2009; VALENTIM, CÔRTES, GAMA, 2010; YANG et al., 2018). Nas correlações entre idade e estatura com as medidas de EBE, apenas a variável substituição de harmônico por ruído nas baixas frequências apresentou correlação negativa significante, mostrando que o ruído nas baixas frequências diminuiu à medida que a estatura e a idade aumentaram. A diminuição do ruído indica melhor coaptação glótica, menor escape de ar transglóti-

co e menor aperiodicidade do sinal produzido em nível laríngeo (FALCÃO et al.,2012; YANG et al., 2018).

Quando comparada com adultos, a EBE de crianças apresenta maior amplificação de harmônicos nas baixas frequências, mais indefinidos e irregulares, com sinais de ruído na voz (VANZELLA. 2006). Assim como nas outras avaliações, os resultados da análise espectrográfica se modificam de acordo com o crescimento corporal (VANZELLA. 2006). Em nosso estudo, os resultados convergem parcialmente com os do trabalho citado (VANZELLA, 2006), uma vez que apenas a substituição de harmônicos por ruído diminuiu à medida que a criança aumentou a estatura e a idade.

No presente estudo, as características referentes ao crescimento, como idade e estatura, e o sexo, não influenciaram as medidas de EBE nas crianças com faixa etária entre 4:00 e 7:11 anos. Esse achado pode estar relacionado ao fato de o crescimento do trato vocal ter sido mais acentuado do que o crescimento das pregas vocais nesta faixa etária, gerando modificações significantes na EBL e não na EBE.

A influência dos fatores hormonais na voz não possui consenso na literatura. Para meninos, existe a proposta de divisão em três fases: pré-mutação, mutação e pós-mutação vocal, não havendo essa proposta para meninas (HACKI; HEITMULLER, 1999). As idades relatadas da muda vocal, quando as pregas vocais sofrem crescimento marcante, foram 13:00-15:00 anos (GUIMARÃES, PANHOCA, BEHLAU, 2010).

Nosso estudo mostrou que crianças na faixa etária de 4:00 a 7:11 anos apresentam características vocais de EBL, que evidencia o filtro vocal, correlacionadas com idade e estatura, possivelmente pelas grandes modificações dos órgãos fonoarticulatórios e ressonantais que ocorrem com o crescimento. O mesmo não ocorreu com as características vocais de EBE, mais relacionadas à fonte glótica.

Encontrou-se correlação positiva entre a substituição de harmônico por ruído nas baixas frequências na EBE e o TMF/a/. A presença de harmônicos indica melhor coaptação glótica (FALCÃO et al., 2014). Em pesquisa com 14 crianças participantes de um coral infantil, foram avaliados momento pré e pós-aquecimento vocal. Ocorreu correlação negativa entre o número de harmônicos e a quantidade de ruído nas frequências altas no pós-aquecimento vocal (FALCÃO et al., 2014). Em nosso estudo, à medida que o TMF/a/ aumentou a presença de ruído nas baixas

frequências foi maior, sugerindo perda da qualidade vocal à medida que avançou o tempo de sustentação da vogal.

A presença e quantidade dos harmônicos estão associadas à maior qualidade vocal em nível de fonte glótica, pois os harmônicos são derivados da frequência fundamental da voz (FRANÇA, EVANGELISTA, LOPES, 2017), melhor evidenciados pela EBE (FALCÃO et al., 2014; FRANÇA, EVANGELISTA, LOPES, 2017).

Estudo com 196 crianças com faixa etária entre 7:00 e 10:00 anos, divididas em 44 no grupo de estudo, que viviam em situação de rua, e grupo de controle com 152 crianças, verificou a estabilidade e intensidade (grau de escurecimento) de harmônicos no espectrograma. As crianças do grupo de estudo tiveram os harmônicos mais definidos e com menos componentes de ruído do que as crianças do grupo de controle. As crianças do grupo de estudo foram consideradas com a voz mais semelhante à produção vocal de adultos (SALES et al., 2013).

As medidas acústicas Harmonics-to-Noise Ratio (HNR) e Noise-to-harmonic Ratio (NHR) analisam a relação entre o número de harmônicos e a quantidade de ruído vocal. Pesquisa com 251 crianças com idade entre 3:00 e 16:00 anos, divididas em grupo controle, com papiloma laríngeo, nódulos vocais e refluxo gastroesofágico e grupo com disfonia funcional analisou diferentes medidas vocais. A HNR foi a medida que melhor diferenciou as crianças com alterações laríngeas estruturais das alterações funcionais, mostrando menores valores (indicando maior presença de ruído) no grupo com alterações laríngeas (NIEDZIELSKA, 2001).

Em pesquisa com crianças de 4:00 a 6:00 anos de idade, observaram-se maiores valores de NHR (indicando maior presença de ruído) nas crianças menores, sugerindo-se que o aumento da idade favorece maior estabilidade vocal (CAPELLARI, CIELO, 2008). No entanto, pesquisa com crianças de faixa etária de 4:00 e 12:00 anos não encontrou diferença na medida NHR conforme a idade (TAVARES, LÁBIO, MARTINS, 2010).

Embora as pesquisas tenham utilizado metodologias diferentes, pode-se relacionar a quantidade de ruído vocal com maiores alterações laríngeas e imaturidade vocal (NIEDZIELSKA, 2001; CAPELLARI, CIELO, 2008; SALES et al., 2013) e, de acordo com nossos resultados, com decréscimo de qualidade vocal ao longo do tempo de sustentação da emissão.

Na EBL, que evidencia as características do filtro mais do que as de fonte glótica, observou-se que, ocorreu diminuição da intensidade do traçado de F4 e em

todo o espectrograma quando o TMF/u/ aumentou. A perda de intensidade do traçado significa possível escape aéreo ou perda de pressão sonora (FRANÇA, EVANGELISTA e LOPES, 2017) com prejuízo de *loudness* e de projeção vocal, conforme aumentou o TMF/u/.

A largura de banda do F está relacionada a aspectos de nasalidade e escape aéreo durante a fonação. Pesquisa que avaliou largura de banda do F em crianças pós-cirurgia do seio endonasal observou diminuição nos valores (GOGNIASHVILI, JAPARIDZE e KHUJADZE, 2009). Na presente pesquisa, a medida que diminuiu o TMF/u/, aumentou a largura de banda de F1 e o parâmetro de anti-ressonância aumentou à medida que o TMF/u/ aumentou, mostrando perda da qualidade vocal com presença de nasalidade e diminuição da pressão sonora em qualquer sustentação da vogal /u/ (GOGNIASHVILI, JAPARIDZE e KHUJADZE, 2009; LIMA, CIELO, CHRISTMANN, 2016).

Em nosso estudo, houve perda de qualidade vocal (com aumento de ruído e ou de nasalidade) à medida que o TMF/a/ aumentou e na sustentação do TMF/u/. Apesar dos estudos supracitados utilizarem metodologias diferentes, os conceitos dos parâmetros utilizados na análise acústica são semelhantes, demonstrando mudanças no desempenho vocal que correspondem a um trato vocal infantil em processo de crescimento e desenvolvimento anatomofisiológico. Deve-se levar em conta, ainda a fadiga e a incoordenação pneumofonoarticulatória esperadas em sustentações de emissões vocais que geram perda de qualidade (OLIVEIRA et al., 2011; SALES et al., 2013).

As limitações deste trabalho estão relacionadas a escassez de estudos sobre o tema, além, dos diferentes protocolos, métodos e faixa etária das crianças estudadas.

Conforme indicação da literatura a avaliação vocal deve utilizar métodos fidedignos que se complementem e, assim, possam contribuir na prática clínica. O presente estudo apresentou dados da avaliação acústica e sua relação com os TMF que podem ajudar a complementar futuras pesquisas sobre o tema, além de auxiliar a prática clínica. Salienta-se que a análise espectrográfica e o TMF são instrumentos de avaliação vocal não-invasivos, de baixo custo, fácil aplicabilidade e reprodutibilidade na prática clínica, fatores que devem ser considerados ao avaliar a população infantil.

7 CONCLUSÃO GERAL

Neste grupo de crianças de ambos os sexos de 4:00 a 7:11 anos de idade, os TMF estiveram dentro do proposto pela literatura e apresentaram influência significativa da idade e da estatura. A maioria das características espectrográficas das crianças estudadas foi classificada em grau normal ou leve e sugerem presença de discreta rouquidão, nasalidade e soprosidade, consideradas normais em crianças. As medidas de EBE e de EBL das crianças não foram influenciadas pelo sexo. As medidas de EBL sofreram influência marcante da estatura e da idade. O aumento do TMF/a/ mostrou maior presença de ruído na EBE e o aumento do TMF/u/ mostrou aumento da anti-ressonância e menor intensidade da cor do traçado na EBL, evidenciando perda da qualidade vocal com o tempo de sustentação.

8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ANDREWS, M.L. **Terapia vocal para crianças.** Os primeiros anos escolares. Nova Iorque. Porto Alegre: Artes Médicas, 1998. 240p.

2. ANGELILLO, I. F. et al. Epidemiological study on vocal disorders in pediatric age.**J Prev Med Hyg,** v.49, n.1, p.1-5, 2008.

3. AZEVEDO, R. Disfonia na Infância. In: FERNANDES.F.D.M.; MENDES, B.C.A.; NAVAS, A.L.P.G.P. **Tratado de fonoaudiologia.** 2ª Ed**.** São Paulo: Roca, 2009. cap. 12. p. 709-714.

4. BARROS, A.P.B.; CARRARA-DE-ANGELIS, E. Análise acústica da voz. In: DEDIVITIS R.A.; BARROS A.P.B. **Métodos de avaliação e diagnóstico em laringe e voz**. São Paulo: Lovise, 2002.cap.4. p. 200-221.

5. BATALLA, F.N. et al. El espectrograma de banda estrecha como ayuda para el aprendizaje del método GRABS de análisis perceptual de la disfonía. **Acta Otorrinolaringol Esp**. v.63, n.3, p.173-179, 2011.

6. BATALLA, F. N. et al. Estudio sonográfico de la disfonía: Subarmónicos. **Acta Otorrinolaringol Esp**. v. 51, n. 1, p. 23-27, 2000.

7. BATALLA, F.N. et al. Evaluación espectral cuantitativa de la hipofunción vocal. **Acta Otorrinolaringol Esp.** v. 55, n. 7, p. 327-333, 2004.

8. BEBER, B.C.; CIELO C.A. Medidas acústicas de fonte glótica de vozes masculinas normais. **Pró-Fono R Atual Cient.,** v. 22, n. 3, p. 299-304, 2010.

9. BEHLAU, M. **Voz: O livro do Especialista**. v. 1, Rio de Janeiro: Revinter; 2008. 348p.

10. BRAGA, J. N.; OLIVEIRA, D. S. F.; SAMPAIO, T. M. M.. Frequência fundamental da voz de crianças. **Rev CEFAC**, v. 11, n. 1, p. 119-126, 2009.

11. BROCKMANN, M., BEYER, D., BOHLENDER, J. E. Reliable acoustic measurements in children between 5 and 9 years**. Int J Pediatr Otorhinolaryngol**.v.79, n.12 p. 2035–2042, 2015.

12. CIELO, C.A, CAPPELLARI, V. M. Tempo máximo de fonação de crianças pré-escolares. **Rev Bras Otorrinolaringol**,v.74, n. 4, p. 552-560, 2008.

13. CIELO, C. A.; CHRISTMANN, M. K. Finger Kazoo: modificações vocais acústicas espectrográficas e autoavaliação vocal. **Rev CEFAC.** v. 16, n. 4, p. 1239-54, 2014.

14. CIELO, C.A. et al. Qualidade de vida em voz, avaliação perceptivoauditiva e análise acústica da voz de professoras com queixas vocais. **Audiol Commun Res**.v. 20, n.2, p.130-140, 2015.

15. CHIPKEVITCH, E. Avaliação clínica da maturação sexual na adolescência. **Jornal de Pediatria** - v. 77, n.2, p.210-2015, 2001.

16. CONNOR, N. et al., Attitudes of children with dysphonia. **JVoice**, v.2, n. 2, p. 197-209, 2008.

17. CÔRTES, M.G.; GAMA. A.C.C. Análise visual de parâmetros espectrográficos pré e pós-fonoterapia para disfonias. **Rev Soc Bras Fonoaudiol.** v.15, n. 2, p. 243-249, 2010.

18. DE MARCO, A. Crescimento e Desenvolvimento Infantil**. Revista Mackenzie de Educação Física e Esporte**, v.1, n.1, p. 18-20, 2010.
19. ENGLERT, M.T.; AZEVEDO, R.; BELTRAME, J.M. Análise acústica pré e pós adenotonsilectomia. **Distúrb Comum**, v. 25, n. 2, p. 169-176, 2013.

20. FABRON, E. M. G et al. Medidas da dinâmica respiratória em crianças de quatro a dez anos. **Pró-Fono**, v. 18, n. 3, p. 313-322, 2006.

21. FALCÃO, L.M.G.; MASSON, M.L.V.; OLIVEIRA, G.; BEHLAU, M. Análise espectrográfica do efeito do aquecimento vocal na voz de meninas de coro. **Audiol Commun Res**. v. 19, n. 4, p. 380-386, 2014.

22. FINGER, L.S.; CIELO, C.A.; SCHWARZ, K. Medidas vocais acústicas de mulheres sem queixas de voz e com laringe normal. **Braz J Otorhinolaryngol**. v. 75, n. 3, p. 432-440, 2009.

23. FREITAS, S.A.V.S. **Avaliação acústica e áudio perceptiva na caracterização da voz humana**. 2012. 251f. Tese (Doutorado em Engenharia)- Universidade do Porto, Porto, 2012.

24. FUCHS, M. et al. Predicting mutational change in the speaking voice of boys.**J Voice**, v. 21, n. 2, p. 169-178, 2009.

25. GAMA, A. C. C. et al. Correlação entre dados perceptivo-auditivos e qualidade de vida em voz de idosas. **Pró-FonoRev Atual Cient**, v. 21, n. 2, p.125-130, 2009.

26. GRAMUGLIA, A.C.J. **Parâmetros vocais perceptivo-auditivos e acústicos em crianças com nódulos vocais** .Tese (Doutorado em Bioengenharia)- Universidade de São Paulo, 59f, Botucatu,São Paulo, 2013.

27. GUERREIRO, L. H .A. et al.. Acoustic, aerodynamic and perceptual analyses of the voice of cochlear-implanted children. **J Voice**, v. 27, n.4, p.180-187, 2013.

28. GUIMARÃES, M.F. **Parâmetros acústicos da voz de sujeitos antes, durante e após o processo de muda vocal**. Tese (Doutorado em Neurociências)- Universidade Federal do Pará, 69f, Belém, Pará, 2013.

29. HIRANO, M. **Clinical examination of voice**. Vienna: Springer-Verlag, 1981.

30. INFUSINO, S. et al., Establishment of a Normative Cepstral Pediatric Acoustic Database. **Otolaryngol Head Neck Surg**.v. 141, n.4, p.358-363, 2015.

31. JOTZ, G. P. et. al. Medidas acústicas para detecção de rouquidão em crianças. **Arq Int Otorrinolaringol.** v.10, n.1, p. 14-20, 2006.

32. KALLVIK, E., PUTUS, I., SIMBERG, S. Indoor air problems and hoarseness in children.**J Voice**, V30, n. 1, p. 109-113, 2016.

33. KURTZ, L.O; CIELO C.A. Tempos máximos de fonação de vogais em mulheres adultas com nódulos vocais. **Pró-Fono Rev Atual Cient**., v. 22, n.4, p.451-454, 2010.

34. MARTINS, R.H.G.; TRINDADE, S.H.K. A criança disfônica: diagnóstico, tratamento, evolução clínica. **Rev Bras Otorrinolaringol**., v.69, n.6, p.801-806, 2003.

35. NUÑEZ-BATALLA., *et al*. El espectrograma de banda estrecha como ayuda para el aprendizaje del método GRABS de análisis perceptual de la disfonía. **Acta Otorrinolaringol Esp**.v.63, n.3, p.173-179, 2012.

36. OLIVEIRA, R.C. *et. al*. Análise perceptivo-auditiva, acústica e autopercepção vocal em crianças. **J Soc Bras Fonoaudiol**, v.23, n.2, p.158-163, 2011.

37. PAES, S.M., AZEVEDO, R.R. Efeito do apoio visual nas medidas de tempo máximo fonatório em crianças. **Distúrb Comun**, v. 22, n.2, p.127-132, 2010.

38. PINHO, S.M.R, PONTES, P. **Músculos intrínsecos da Laringe e Dinâmica Vocal**. (Série Desvendando os Segredos da Voz). v 1, Rio de Janeiro: Revinter, 2008, 96f.

39. RAMOS, L.A, SOUZA, B.O., GAMA, A.C. Análise vocal na infância: uma revisão integrativa. ***Distúrbios da Comunicação****, v.29, n.*1, 20-32, 2017.

40. RÉ, A.H.N. Crescimento, maturação e desenvolvimento na infância e adolescência: Implicações para o esporte. **Motricidade**, v. 7, n. 3, p. 55-67, 2011.

41. RODRIGUEZ-PARRA, M.J.; ADRIAN, J.A; CASADO, J.C. Comparing voice-therapy and vocal-hygiene treatments in dysphonia using a limited multidimensional evaluation protocol. **J Commun Disorders**. v. 44, n. 6, p. 615-630, 2011.

42. ROSA, M.B., et al., Caracterização dos aspectos vocais de um coro infantojuvenil. **Rev CEFAC**, v.16, n.5, p.1606-1614, 2014.

43. SADER,R.C.M, HANAYAMA E.M. Análise acústica da voz infantil. **Rev CEFAC**, v.6, n.3, p. 312-318, 2004.

44. SALES,M.; *et al*. Vocal Function and Vocal Discomfort in Sheltered and Non-Sheltered 7- to 10-Year-Old School Children in Aracaju, Brazil. **J Voice**, v. 27, n.5, p.180-187, 2013.

45. SANTOS, R.J.F. Avaliação de pacientes com paralisia unilateral das pregas vocais. 150f**. [dissertação]** - Universidade de Aveiro, Aveiro, 2009.

46. SAMPAIO, M., OLIVEIRA, G.,BEHLAU, M. Investigação de efeitos imediatos de dois exercícios de trato vocal semi-ocluído. **Pró-Fono R. Atual. Cient**., v.20, n.4, p.261-266, 2008.

47. SCHOTT, T.C.A., SAMPAIO, T.M.M., OLIVEIRA, D.S.F. Frequência fundamental de crianças da cidade de Niterói. **Rev Soc Bras Fonoaudiol.** v.11, n. 2, p. 290-295, 2009.

48. SCHWARZ, K.; CIELO, C.A. Modificações laríngeas e vocais produzidas pela técnica de vibração sonorizada de língua. **Pró-Fono R Atual Cient.** v. 21, n. 2, p. 161-166, 2009.

49. SENKAL, A., OZER, C. Hoarseness in school- aged children and effectiveness of voice therapy in internacional classification of functioning. **J Voice**, v.29, n.5, p.618-623, 2015.

50. SILVA, M.; et al. Habilidades sociais de crianças disfônicas. J **Soc Bras Fonoaudiol.**;v. 24, n.4, p.361-367, 2012.

51. SOUSA, R., FREITAS, S.V., FERREIRA. A. A avaliação acústica da voz nas práticas profissionais dos terapeutas da fala portugueses. **Revista Portuguesa De Otorrinolaringologia E Cirurgia Cérvico-Facial**. v. 49, n.1, p.1-9, 2011.

52. SPRECHER, A.; OLSZEWSKI, A.; JIANG, J.J. Updating signal typing in voice: Addition of type 4 signals. **J Acoust Soc Am.** v. 127, n. 6, p. 3710-3716, 2010.

53. TAVARES, E.L.M.; et. al. Estudo epidemiológico de disfonias em crianças de 4 a 12 anos. **Braz J Otorhinolaryngol**., v.77, n. 6, p.736-746, 2011.

54. TAVARES, E.L.M; LABIO, R.B; MARTINS, R.H.G. Estudo normativo dos parâmetros acústicos vocais de crianças de 4 a 12 anos de idade sem sintomas vocais: estudo piloto. **Braz J Otorhinolaryngol.**, v. 76, n. 4, p. 485-490, 2010.

55. TEIG, C.B.S. **Nódulos vocais em crianças pequenas: etiologia e tratamento**. 1997. 22 f. Monografia (Especialização em Voz), CEFAC, São Paulo, 1997.

56. TITZE, I.R. **Whorshop on acoustic voice analysis:** Summary Statement. Denver, National center of voice and and speech, 1994.

57. VALENTIM, A.F.; CÔRTES, M.G.; GAMA A.C.C.Efeito do treinamento com espectrogramas **Rev Soc Bras Fonoaudiol**.v.15, n.3, p.335-342, 2010.

58. VANZELLA, T.P. **Normatização dos parâmetros acústicos vocais em crianças em idade escolar**. 2006. 101 f. Dissertação (Mestrado em Bioengenharia), Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

59. VERMA, H., SOLANKI, P., JAMES, M. Acoustical and Perceptual Voice Profiling of Children With Recurrent Respiratory Papillomatosis. **JVoice**. v. 30, n.5, p. 600-605, 2016.

60. VIEGAS, F.; et al.. Parâmetros Espectrais da Voz em Crianças Respiradoras Orais. **Revista CEFAC.**v.12, n.4, p.820-883, 2009.

61. YAMASAKi R, LEÃO SHS, MADAZIO G, PADOVANI M, AZEVEDO R, BEHLAU M. Correspondência entre escala analógico-visual e a escala numérica na avaliação perceptivo-auditiva de vozes. In: 16º Congresso Brasileiro de Fonoaudiologia; 24-27 set 2008; Campos do Jordão, Brasil. Anais. São Paulo: Sociedade Brasileira de Fonoaudiologia; 2008. p. 24-27.

62. YANG, S.; MU,L. Na investigation of the third formant of /a/ in prepubertal children**. J Voice**, v.3, n.4, p.321-323, 1989.

63. ZIMMER, V.; CIELO, C.A; FINGER, L.S. Modificações vocais acústicas espectrográficas produzidas pela fonação reversa. **Rev CEFAC.** v. 12, n. 4, p. 135-142, 2010.

64. ZITTA, S.M. **Análise perceptivo-auditiva e acústica em mulheres com nódulos vocais.** 2005. 111 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica e Informática Industrial) Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2005.

65. ZUR, K.B.; CARROLL, L.M. Recurrent laryngeal nerve reinnervation in children: Acoustic and endoscopic characteristics pre-intervention and post-intervention. A comparison of treatment options. **Laryngoscope**. v.127, n.2, p. 83-87, 2015.