

Achados espectrais das vogais [a] e [ẽ] em diferentes aberturas velofaríngeas*****

Spectral findings for vowels [a] and [ẽ] at different velopharyngeal openings

Aveliny Mantovan Lima-Gregio*
Jeniffer de Cássia Rillo Dutka-Souza**
Viviane Cristina de Castro Marino***
Maria Inês Pegoraro-Krook****
Plínio Almeida Barbosa*****

*Fonoaudióloga. Doutoranda em Linguística pelo Instituto de Estudos da Linguagem da Universidade Estadual de Campinas. Endereço para correspondência: R. das Opalas, 26 - Americana - SP. CEP 13471-220 (avelinylima@gmail.com).

**Fonoaudióloga. Doutora em Communication Sciences and Disorders pela University of Florida. Fonoaudióloga do Laboratório de Fonética Experimental do Hospital de Reabilitação de Anomalias Craniofaciais (HRAC) da Universidade de São Paulo (USP).

***Fonoaudióloga. Doutora em Communication Sciences and Disorders pela University of Florida. Professora do Departamento de Fonoaudiologia da Universidade Estadual de São Paulo - Marília.

****Fonoaudióloga. Doutora em Distúrbios da Comunicação Humana pela Universidade Federal de São Paulo. Professora do Departamento de Fonoaudiologia da Faculdade de Odontologia de Bauru da USP.

*****Engenheiro Eletrônico. Doutor em Signal-Image-Parole/Option Parole pelo Institut de la Communication Parlée e Institut National Polytechnique de Grenoble. Professor do Departamento de Linguística do Instituto de Estudos da Linguagem da Universidade Estadual de Campinas.

*****Trabalho Realizado no Laboratório de Fonética Experimental do HRAC-USP com Auxílio Financeiro do CNPq.

Artigo Original de Pesquisa
Artigo Submetido a Avaliação por Pares
Conflito de Interesse: não

Recebido em 1.12.2009.
Revisado em 19.8.2010; 05.11.2010.
Aceito para Publicação em 30.11.2010.

Abstract

Background: the size control of velopharyngeal opening is an important variable for the acoustic profile characterization of hypernasal speech. Aim: to investigate frequency spectral aspects of F1, F2, F3, nasal formant (FN) and anti-formant, in Hertz, for vowels [a] and [ẽ] at different velopharyngeal openings produced in the bulb of a palatal prosthesis replica used by a patient with velopharyngeal insufficiency. Method: speech recordings were obtained for four words ("pato/mato" and "panto/manto") produced within a carrier phrase in 5 conditions of velopharyngeal functioning: prosthesis with no openings (control condition: CC); prosthesis with bulb opening of 10mm² (experimental condition with 10mm² opening: EC10), prosthesis with a 20mm² opening (EC20), prosthesis with a 30mm² opening (EC30), and without the prosthesis (ECO). Five speech-language pathologists made a live rating of speech nasality during the reading of an oral passage. The recordings were used for spectral analysis. Results: F1 values were significantly higher for [a] when compared to [ẽ] in all conditions. F2 values for [a] in EC20 and EC30 were significantly lower than values in the other conditions, being closer to the values presented for [ẽ]. F3 values were not significantly different between the testing conditions. There was a relationship between FN and anti-formants, and the auditory perception of nasality for conditions EC10 and EC20. Conclusion: significant changes were observed in the studied spectral values according to changes in the velopharyngeal opening size.

Key Words: Velopharyngeal Insufficiency; Oral Fistula; Palatal Obturators; Spectrum Analysis.

Resumo

Tema: o controle do tamanho da abertura velofaríngea é uma variável importante na caracterização do perfil acústico da fala hipernasal. Objetivo: investigar os aspectos espectrais das frequências de F1, F2, F3, formante nasal (FN) e anti-formante, em Hertz, para as vogais [a] e [ẽ] na presença de aberturas feitas no bulbo de réplicas da prótese de palato de uma paciente com insuficiência velofaríngea. Método: gravações de produções de quatro palavras ("pato/mato" e "panto/manto") inseridas em frase veículo foram obtidas em cinco condições de funcionamento velofaríngeo: prótese sem aberturas (condição controle: CC), prótese com abertura de 10mm² no bulbo (condição experimental - CE10), com abertura de 20mm² (condição experimental - CE20), com abertura de 30mm² (condição experimental - CE30), e sem prótese (condição experimental aberta - CEA). Cinco fonoaudiólogos julgaram a nasalidade de fala ao vivo, durante a leitura de um texto oral. As gravações foram usadas para análise espectral. Resultados: valores de F1 foram significativamente mais altos para [a] que para [ẽ] em todas as condições. Valores de F2 para [a] em CE20 e CE30 foram significativamente mais baixos que nas outras condições, aproximando-se dos valores para [ẽ]. Valores de F3 não foram significativamente diferentes nas diferentes condições. Houve relação entre os achados de FN e anti-formantes e a percepção de nasalidade para as condições CE10 e CE20. Conclusão: foram observadas mudanças significativas nos valores espectrais estudados de acordo com alterações no tamanho da abertura velofaríngea.

Palavras-Chave: Insuficiência Velofaríngea; Fístula Bucal; Prótese Palatina; Análise Espectral.

Referenciar este material como:



Lima-Gregio AM, Dutka-Souza JCR, Marino VCC, Pegoraro-Krook MI, Barbosa PA. Achados espectrais das vogais [a] e [ẽ] em diferentes aberturas velofaríngeas. Pró-Fono Revista de Atualização Científica. 2010 out-dez;22(4):515-20.

Introdução

As técnicas de análise acústica foram desenvolvidas com base na hipótese de que o julgamento perceptivo da fala de um indivíduo está relacionado à informação do sinal acústico de sua fala¹. Diferentes tipos de análise acústica do sinal da fala foram propostos para estudar os distúrbios de ressonância, em especial da hipernasalidade²⁻⁴, e também para verificar a relação entre o julgamento perceptivo da nasalidade e seu correlato acústico⁵⁻⁶.

O estudo e o entendimento da hipernasalidade se beneficiam do uso da espectrografia, conforme demonstrado em estudos sobre os aspectos temporais da nasalização⁷⁻⁸. Contudo, esta técnica tem sido empregada de maneira limitada tanto no diagnóstico como no tratamento da hipernasalidade, tornando restrita uma ferramenta que é muito útil na prática clínica por permitir comparações pré-pós terapia⁹⁻¹⁰.

Desde a sua invenção nos anos 1940, na prática clínica, a análise mais comum obtida pela espectrografia é a observação dos formantes das vogais. No Brasil, algumas pesquisas para descrição das vogais orais e nasais em falantes sem patologia foram conduzidas por poucos autores¹¹⁻¹⁴. No que se refere à comparação entre falantes com e sem hipernasalidade, destaca-se o estudo de Vieira¹⁵. No entanto, este estudo não teve como objetivo controlar o tamanho da abertura velofaríngea durante as produções de fala nasalizadas.

O controle do tamanho da abertura velofaríngea (tamanho do gap) é uma variável importante na definição do perfil acústico da fala hipernasal, dado que a hipernasalidade é um produto decorrente de alterações no fechamento velofaríngeo^{1,16}. Apesar da relação entre o tamanho do gap velofaríngeo e os distúrbios de fala decorrentes da disfunção velofaríngea (DVF) ser complexa, e ainda não ter sido bem definida na literatura, variações na percepção da hipernasalidade foram associadas às variações no tamanho do gap velofaríngeo¹⁶.

Até o momento, poucos estudos abordaram a relação entre tamanho do gap e hipernasalidade. No entanto, pesquisas envolvendo aberturas feitas artificialmente indicaram que mesmo uma abertura experimental de 20mm² pode resultar num efeito substancialmente negativo para a fala, no que se refere, principalmente, à hipernasalidade¹⁷⁻¹⁹.

Em vista disto, o presente estudo tem o objetivo de investigar as medidas das frequências de F1, F2, F3, formante nasal (FN) e anti-formante (Zero), para as vogais [a] e [ẽ] para diferentes aberturas feitas no bulbo de réplicas da prótese de palato de uma paciente com disfunção velofaríngea. Partiu-se do pressuposto de que a introdução de perfurações experimentais no bulbo faríngeo resultaria em fala hipernasal, pois ao fazer uso da prótese de palato obturadora para correção da DVF, a paciente apresentou fala com ressonância julgada normal em avaliações fonoaudiológicas. A hipótese foi a de que diferentes aberturas resultariam em diferentes medidas espectrais.

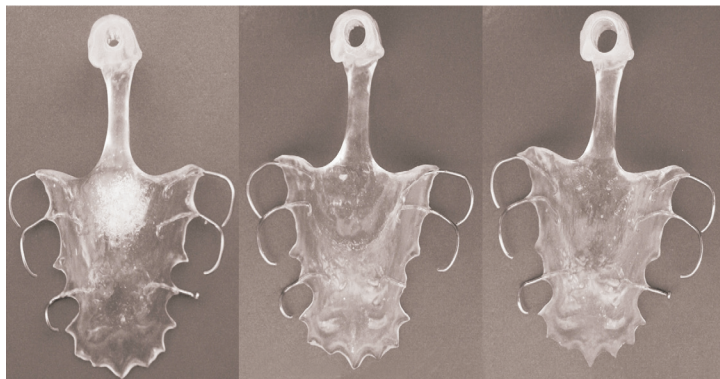
Método

O Comitê de Ética do Hospital de Reabilitação de Anomalias Craniofaciais da Universidade de São Paulo aprovou este estudo (ofício 038/2004 0), bem como a participante assinou o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, sendo informada sobre a proposta do trabalho e a garantia de sigilo quanto a quaisquer formas de identificação, segundo orientações da Resolução 169 de 10 de outubro de 1996 do Conselho Nacional de Saúde sobre estudos com seres humanos.

As amostras de fala foram obtidas de um único sujeito, do gênero feminino, com 17 anos de idade, e com fissura pós-forame incisivo incompleta, reparada cirurgicamente por meio de palatoplastia. Após a cirurgia, a paciente apresentou insuficiência velofaríngea, e para corrigi-la, optou-se pela confecção de uma prótese de palato com bulbo faríngeo. Observou-se, para este experimento, que a prótese do sujeito se encontrava adequada e funcional, uma vez que durante avaliação perceptivo-auditiva e nasométrica da fala, a paciente apresentou ressonância normal ao usar a prótese, e ressonância hipernasal sem a mesma. A paciente não possuía histórico de qualquer tipo de doença, hábito de fumar ou beber e não estava sob efeito de medicamentos no dia do teste.

Com o objetivo de simular condições de abertura velofaríngea de diferentes áreas, foram confeccionadas três réplicas idênticas à prótese original do sujeito, porém cada uma possuindo uma abertura diferente, de tamanho controlado, no centro do bulbo faríngeo (área velofaríngea). Para a confecção dos furos nas próteses, os bulbos experimentais foram acrilizados com um orifício no centro, resultando em áreas aproximadas de 10mm², 20mm² e 30mm², respectivamente (Figura 1).

FIGURA 1. Visão superior das próteses experimentais acrilizadas com orifícios de 10mm², 20mm² e 30mm², respectivamente.



A participante foi instruída a usar as próteses por uma semana (cada período do dia uma das três réplicas), para que se adaptasse a possíveis variações entre as réplicas e a prótese original. Neste período de adaptação, os orifícios das próteses foram fechados com cera, para que a ressonância do sujeito não fosse alterada. Exames de nasometria e nasoendoscopia constataram que não havia presença de gap velofaríngeo entre as paredes da faringe e o bulbo nas réplicas. Três fonoaudiólogos e a paciente referiram não notar, auditivamente, diferenças entre as próteses.

Condição Controle (CC): uma comparação estatística das medidas acústicas extraídas dos enunciados produzidos com a paciente usando as três réplicas não mostrou diferença significativa ($p = 0,51$) entre elas. Por isso, a CC foi formada por uma amostra aleatória das produções do sujeito enquanto ele usava as próteses-réplica tendo os furos tapados com cera.

Condições Experimentais: as quatro condições experimentais foram formadas enquanto o sujeito (I) usava a primeira réplica, com abertura de 10mm² (CE10); (II) usava a segunda réplica, com abertura de 20mm² (CE20); (III) usava a terceira réplica, com abertura de 30mm² (CE30); (IV) não usava prótese alguma (condição experimental aberta - CEA), resultando em abertura velofaríngea de área desconhecida.

Foram utilizados dois pares mínimos de palavras de estrutura CVCV (consoante-vogal-consoante-vogal), em que a primeira consoante contrasta consoante oral e nasal, a saber, pato/mato e panto/manto. As frases foram inseridas na frase veículo "Digo ____ bojudo", escolhida com base em estudos prévios para o Português

Brasileiro (PB)¹²⁻¹⁴. A participante repetiu cinco vezes cada frase, aleatoriamente, para cada condição controle e experimentais, totalizando 100 amostras de fala (5 repetições x 5 condições x 4 palavras).

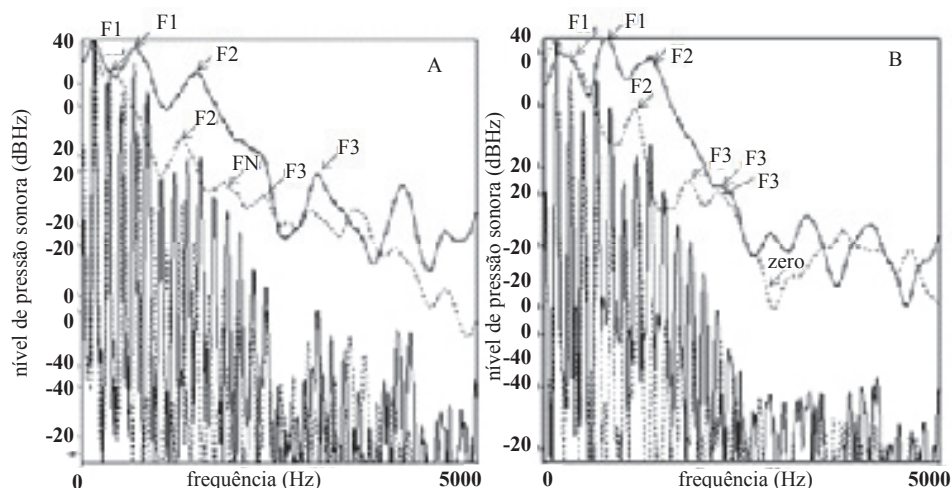
Os dados foram capturados pelo *headphone* cardióide AKG C-420 (Audio Technica), e digitalizados, por meio da placa de som *Creative Sound Blaster* (Audigy Model), usando o *software* Sound Forge (versão 7), em mono-canal, com taxa de amostragem de 44.100Hz e 16bit.

O *software* Praat²¹ foi utilizado para obter as medidas de interesse. Os dados analisados incluíram a frequência do primeiro formante (F1), do segundo formante (F2), do terceiro formante (F3), em Hertz, da parte central das vogais [a] e [ẽ], bem como a frequência do primeiro formante nasal (FN) e do primeiro anti-formante (Z) espectral, em Hertz, na porção nasalizada da vogal [ẽ]. F1n é a frequência mais próxima do F1 da vogal [ẽ] por ter a configuração mandibular próxima à de [ẽ]²². As medidas espectrais foram extraídas pelas análises FFT (*Fast Fourier Transform*) e suavização cepstral embutidos no *software* Praat, sempre estabelecendo comparação da vogal [ẽ] com a vogal [a] do par mínimo, e considerando, como efeitos da nasalidade, a atenuação global de energia e a inserção de formantes nasais em torno das baixas frequências (Figura 2).

Uma avaliação perceptivo-auditiva foi realizada por cinco fonoaudiólogas experientes, em tempo real, individualmente, e sem troca de informações entre profissionais. Foi esclarecido que deveria ser julgada apenas a presença ou a ausência da hipernasalidade. O julgamento foi realizado enquanto o sujeito lia o texto oral "A história do urso preto"²³. O texto foi utilizado para que se tivesse controle de um contexto oral semelhante à conversa espontânea. As cinco condições do estudo foram apresentadas em ordem aleatória, e, a troca das próteses foi realizada em sala separada, garantindo que as fonoaudiólogas não tivessem informação visual de qual prótese a paciente utilizava durante a avaliação.

Foi realizada análise de variância (ANOVA) de três fatores (1 - Condições: CC, CE10, CE20, CE30, CEA; 2 - Palavras: começadas por [p] ou [m]; e 3 - Vogais: [a] e [ẽ]), e três variáveis dependentes (F1, F2, F3, em Hertz). Para os formantes nasais e anti-formantes, foi realizado o teste Anova de dois fatores (1 - Condição e 2 - Palavra), já que estes parâmetros foram extraídos apenas para a vogal [ẽ]. As diferenças significativas, ao nível de significância de 5%, foram submetidas ao teste *post-hoc* Scheffé, para testar a homogeneidade dos grupos.

FIGURA 2. A. Análises *Fast Fourier Transform* (FFT) e cepstral das vogais [a] (linha contínua) e [ẽ] (linha pontilhada) de "pato" e "panto". B. Análises FFT e cepstral das vogais [a] (linha contínua) e [ẽ] (linha pontilhada) de "mato" e "manto".



A consistência inter-juizes da avaliação perceptivo-auditiva da nasalidade feita pelos fonoaudiólogos para cada condição (controle e experimentais) foi descrita em porcentagens de concordância.

Resultados

As médias das frequências de F1, F2, F3, em Hertz, para a vogal oral [a], em "pato e mato" estiveram entre 655Hz e 764Hz para F1; entre 1339Hz e 1571Hz para F2; e entre 2095Hz e 2627Hz para F3. Observou-se, que as frequências dos formantes foram menores nas condições experimentais (com abertura velofaríngea).

Os valores médios de F1, F2, F3, em Hertz, da vogal [ẽ], em "panto e manto" estiveram entre 363Hz e 487Hz para F1; entre 1167Hz e 1371Hz para F2; e para F3 entre 2073Hz e 2296Hz. Observou-se que as médias das frequências de formantes orais para a vogal nasal [ẽ], em "panto e manto" foram bem menores que as da vogal [a], em "pato e mato".

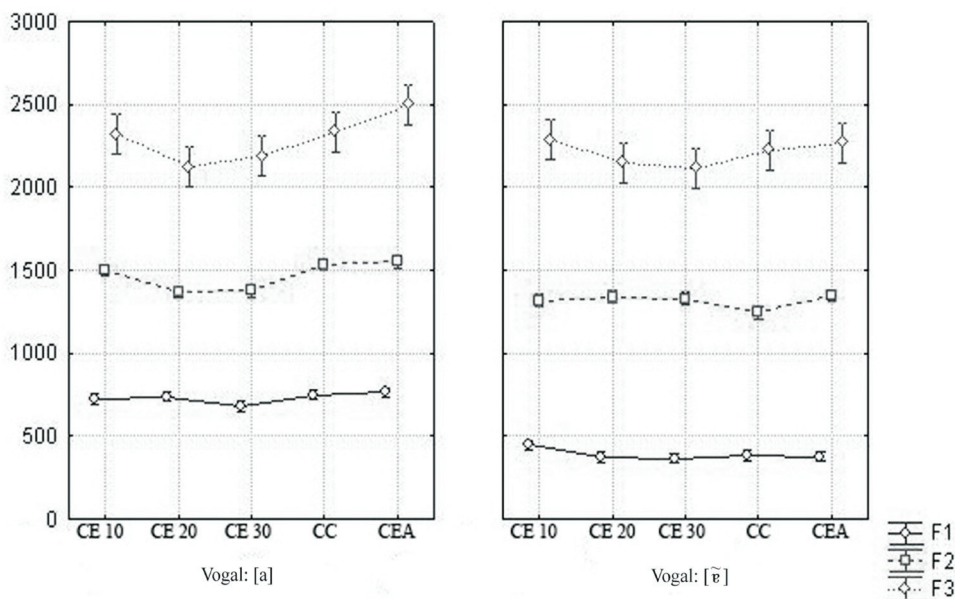
O teste ANOVA de três fatores (Condições, Palavras, Vogais) e três variáveis dependentes (F1, F2, F3, em Hertz) resultou em diferença significativa entre as condições e as vogais [a] e [ẽ], para os três formantes ($F_{12,206} = 7,2$; $p < 10^{-5}$), para $\alpha = 0,05$. A Figura 3 mostra na abscissa as condições pesquisadas, e na ordenada os valores das frequências dos três formantes, à esquerda para a vogal [a] e à direita para a vogal [ẽ].

O teste *post-hoc Scheffé*, para homogeneidade, mostrou que a amostra para o F1, dividiu-se em dois grupos: valores maiores para a [a] e menores para [ẽ]. Para o F2, a análise também mostrou que a amostra pôde ser dividida em dois grupos:

(I) os valores de F2 mais altos, formado por CE10, CEA e CC da vogal [a] de "pato" e "mato"; e (II) os valores de F2 mais baixos, formado por todas as condições controle e experimentais da vogal [ẽ] mais as CE20 e CE30 da vogal [a]. Ou seja, as CE20 e CE30 da vogal [a] se comportaram de maneira significativamente parecida a todas as condições da vogal nasal [ẽ] no que diz respeito a F2, demonstrando efeito da nasalidade importante no final do segundo formante. Para a análise do F3, observou-se que os valores obtidos não apresentaram informações relevantes para a nasalidade, o que de certa forma era esperado, pois o contexto com a consoante foi controlado (este formante é mais afetado pelo contexto consonantal, c^{24}).

Para os parâmetros FN (Hz) e Zero (Hz) foi realizado o teste Anova. Para FN na interação Condição versus Palavra, o teste mostrou que houve diferença estatisticamente significativa ($F_{4,40} = 35,7$; $p < 10^{-5}$) para $\alpha = 0,05$, e o *post-hoc Scheffé* indicou que o valor médio para CEA era o maior deles (1804Hz). Para o vale espectral (Zero), o teste estatístico ANOVA mostrou que houve diferença significativamente diferente para os fatores Condição ($F_{4,40} = 49,7$; $p < 10^{-5}$), Palavra ($F_{1,18} = 14,1$; $p = 0,001$) e para a interação de Condição versus Palavra ($F_{4,40} = 8,9$; $p < 10^{-5}$), todos para $\alpha = 0,05$. Neste último caso, a análise mostrou que, as palavras com [p] (pato e panto) apresentaram maiores valores que as com [m] (mato e manto). Entretanto, a análise *post-hoc Scheffé* identificou cinco grupos diferentes. Quatro deles com interações entre si e um único grupo totalmente distinto, constituído pela CEA e pelas palavras "pato e panto".

FIGURA 3. Médias das frequências de F1, F2, F3 (Hz), para condição experimental 10mm² (CE10), condição experimental 20mm² (CE20), condição experimental 20mm² (CE30), condição controle (CC) e condição experimental aberta (CEA).



Na avaliação perceptivo-auditiva, o resultado para as condições controle e experimentais do estudo revelou que a única condição que não gerou unanimidade entre as fonoaudiólogas foi a condição CE20, com concordância de fala hipernasal em 60%. Para CC e CE10 houve concordância de 100% para fala normal, e para CE30 e CEA houve concordância de 100% para fala hipernasal.

Discussão

Os valores mais elevados de F1 para a vogal [a] em relação aos obtidos para a vogal [ẽ], em todas as condições (controle e experimentais), eram esperados tanto pelo fator nasalidade, como pela questão articulatória. O rebaixamento de todos os formantes é característico da nasalidade de fala, quando se trata de uma vogal baixa. O principal determinante dos valores de F1 é a posição da mandíbula, sendo a altura deste articulador - que é maior na vogal nasalizada²⁵ -, inversamente proporcional à frequência do formante. A diminuição dos valores do primeiro formante (F1) como efeito da nasalização provocada pelas condições de abertura velofaríngea para a vogal [a], também foi citado na literatura²⁶⁻²⁸.

Os valores de F2 obtidos para a vogal [a] em CE20 e CE30 significativamente mais baixos que os valores obtidos em CC, CE10 e CEA - embora estas duas últimas sejam condições de abertura -, chegando próximos aos valores encontrados para F2 durante produção da vogal nasal [ẽ], concordam com a literatura^{3,24}.

Considerando que a posição da língua no eixo ântero-posterior é o principal determinante do segundo formante²⁵, a posteriorização da mesma nas condições nasais numa tentativa de compensar a perda de ar decorrente da abertura velofaríngea é uma explicação possível para este achado. Da mesma forma, o fato de os valores de F2 na CEA terem sido mais semelhantes à CC sugere o uso de outras possíveis compensações realizadas pelo sujeito, como por exemplo, ajustes laringeos e respiratórios¹⁸.

Pela análise dos dados, conforme houve aumento da abertura velofaríngea, não houve diminuição gradual dos formantes (relação de linearidade entre os graus de abertura e os achados espectrais) como era inicialmente esperado. Coleman Jr²⁹ sugeriu a variabilidade individual como possível explicação para não linearidade.

Quanto à avaliação perceptivo-auditiva, a presença das anti-ressonâncias se mostrou essencial para identificação das vogais nasais³⁰ pelos juízes. O fato de CE10 ter sido julgada como ressonância normal pode estar relacionado aos valores de FN e Zeros, os quais foram inexistentes para [a] e semelhantes aos da CC para [ẽ]. Por fim, em CE20, uma possível explicação para concordância de 60% seria uma condição marginal de abertura velofaríngea, e também que ora FN e Zero apresentaram valores semelhantes aos de CC e CE10 e ora a CE30 e CEA.

Conclusão

Confirmou-se a hipótese de que diferentes aberturas resultariam em diferentes medidas espectrais. E, embora não tenha havido linearidade entre as condições pesquisadas e os valores dos formantes,

foram observadas mudanças significativas nos valores espectrais estudados de acordo com alterações no tamanho da abertura velofaríngea.

Referências Bibliográficas

1. Bzoch K. *Communicative Disorders: related to cleft lip and palate*. Austin: Pro-Ed; 2004.
2. Dalston RM, Warren DW, Dalston ET. Use of nasometry as a diagnostic tool for identifying patients with velopharyngeal impairment. *Cleft Palate-Craniofacial Journal*. 1991;28(2):185-9.
3. Kent RD, Liss J, Philips BJ. Acoustic analysis of velopharyngeal dysfunction in speech. In: Bzoch K. *Communicative Disorders: related to cleft lip and palate*. Boston: Little Brown; 1989. p. 258-70.
4. Vogel AP, Ibrahim HM, Reilly S, Kilpatrick N. A comparative study of two acoustic measures of hypernasality. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*. 2009;52:1640-51.
5. Lee AS-Y, Ciocca V, Whitehill TL. Acoustic correlates of hypernasality. *Clinical Linguistics & Phonetics*. 2003;17(4-5):259-64.
6. Triona S, Debbie S. Relationship between perceptual ratings of nasality and nasometry in children/adolescents with cleft palate and/or velopharyngeal dysfunction. *International Journal of Language & Communication Disorders*. 2008;43(3):265-82.
7. Seunghee Ha, Hyunsub Sim, Minje Zhi, David P. Kuehn. An acoustic study of the temporal characteristics of nasalization in children with and without cleft palate. *Cleft Palate-Craniofacial Journal*. 2004;41(5):535-43.
8. Bae Y, Kuehn DP, Ha S. Validity of the nasometer measuring the temporal characteristics of nasalization. *Cleft Palate-Craniofacial Journal*. 2007;44(5):506-17.
9. Kent RD. Hearing and believing: some limits to the auditory-perceptual assessment of speech and voice. *American Journal of Speech-Language Pathology*. 1996;5:7-23.
10. Casal C, Domingues C, Fernández A, Sarget R, Martínez-Celdrán E, Sentís-Vilalta J, Gay-Escoda C. Spectrographic measures of the speech of young children with cleft lip and palate. *Folia Phoniatr Logop*. 2002;54:247-57.
11. Behlau MS. Uma análise das vogais do Português Brasileiro falado em São Paulo: perceptual, espectrográfica de formantes e computadorizada de frequência fundamental. [Dissertação]. São Paulo: Escola Paulista de Medicina; 1984.
12. Souza EG. Para caracterização fonético acústica da nasalidade do Português Brasileiro. [Dissertação]. Campinas: Universidade Estadual de Campinas; 1994.
13. Seara IZ. Estudo acústico-perceptual da nasalidade das vogais do Português Brasileiro. [Tese]. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina; 2000.
14. Jesus MSV. Estudo fonético da nasalidade vocálica. In: Reis C. *Estudos em fonética e fonologia do Português*. Belo Horizonte: Fale-UFMG; 2002. p. 205-22.
15. Vieira JM. Perfil espectrográfico da hipernasalidade de fala de mulheres portadoras de fissura palatina. [Dissertação]. São Carlos: Universidade de São Paulo; 2003.
16. Warren DW, Dalston RM, Mayo R. Hypernasality and velopharyngeal impairment. *Cleft Palate Craniofacial Journal*. 1994;31:257-62.
17. Henningsson G, Isberg A. Influence of palatal fistulae on speech and resonance. *Folia Phoniatr*. 1987;39:183-91.
18. Sapienza CM, Brown WS, Williams WN, Wharton PW, Turner GE. Experimental coupling of oral and nasal cavities. *Cleft Palate-Craniofacial Journal*. 1996;33(2):118-26.
19. Marino VC, Williams WN, Wharton PW, Paul MF, Dutka-Souza JCR, Schulz GM. Immediate and sustained changes in lingual movements after an experimental after an experimental palatal fistula: a case study. *Cleft Palate-Craniofacial Journal*. 2005;42(3):286-96.
20. Warren DW. Aerodynamic assessments and procedures to determine extent of velopharyngeal inadequacy. In: Bzoch KR. *Communicative Disorders: related to cleft lip and palate*. Austin: Pro-Ed; 1997. p. 411-37.
21. Boorman P, Weenink D. Praat: doing phonetics by computer. Download da versão 4.3.37, em 2006, do site: <http://www.praat.org>.
22. Stevens KN. *Acoustics phonetics*. Massachusetts: MIT Press; 2000. p. 315-6.
23. Suguimoto MLCP, Pegoraro-Krook, MI. Avaliação nasométrica em adultos normais falantes do português brasileiro. *Pró-Fono Revista de Atualização Científica*. 1995;7(2):3-9.
24. Fant G. *Acoustic theory of speech production*. The Hague: Mouton; 1970.
25. Kent RD. *Acoustic Phonetics*. In: Kent RD. *The Speech Sciences*. Singular: San Diego; 1997. p. 329-70.
26. Delattre P. Les attributs acoustiques de la nasalité vocalique et consonantique. *Studia Linguistica*. 1954;8:103-9.
27. House AS, Stevens KN. Analog studies of the nasalization of vowels. *Journal of Speech and Hearing Disorders*. 1956;21(2):218-32.
28. Dickson DR. An acoustic study of nasality. *Journal of Speech Language and Hearing Research*. 1962;5:103-11.
29. Coleman JR RO. The effect of changes in width of velopharyngeal aperture on acoustic and perceptual properties of nasalized vowels. [Tese]. Illinois: Northwestern University; 1963.
30. Fujimura O. Spectra of nasalized vowels. *Quarterly Progress Report*. 1960;58:214-8.