

Parâmetros acústicos e articulatórios durante a produção do contraste entre oclusivas alveolares e velares: dados típicos e de desvio fonológico

Acoustic and articulatory parameters during the production of the contrast between alveolar and velar stops: typical and phonological disorder data

Roberta Michelon Melo¹, Helena Bolli Mota¹, Larissa Cristina Bert²

RESUMO

Introdução: Análises instrumentais de fala, como a análise acústica e a articulatória (por exemplo, as imagens de ultrassom de língua), podem identificar habilidades linguísticas dos falantes, não detectadas por análise perceptivoauditiva. **Objetivo:** Comparar os parâmetros acústicos e articulatórios entre as oclusivas alveolares e velares e entre crianças com desenvolvimento típico de fala e crianças com desvio fonológico. **Métodos:** A amostra consistiu de 15 crianças com desenvolvimento típico de fala e sete crianças com desvio fonológico. O *corpus* foi composto pelas palavras alvo: /'kapə/, /'tapə/, /'galo/ e /'darə/, inseridas em frase veículo e nomeadas espontaneamente. Foi realizada a gravação simultânea de áudio e vídeo (imagens de ultrassonografia de língua). Os dados passaram por análise acústica e articulatória. **Resultados:** Seis (pico espectral, centroide, variância, assimetria, curtose e transição consoante-vogal) dos nove parâmetros acústicos investigados não mostraram distinções entre os grupos. Os valores de pico espectral e transição consoante-vogal foram os únicos não significativos para a marcação do contraste alvo. Em relação aos dados de ultrassonografia, a proporção de eixos significantes das regiões anterior e posterior de língua mostrou algumas diferenças no grupo típico, diferentemente do grupo com desvio fonológico. As curvas de língua também evidenciaram particularidades, em ambos os grupos. **Conclusão:** Os parâmetros acústicos e articulatórios forneceram evidências sobre o contraste fônico entre oclusivas alveolares e velares, na amostra estudada. Observou-se um refinamento articulatório das crianças com desenvolvimento típico de fala e a presença de contrastes encobertos na fala das crianças com desvio fonológico.

Palavras-chave: Fala; Ultrassonografia; Acústica da fala; Criança; Transtorno fonológico

ABSTRACT

Introduction: Speech instrumental analysis, such as acoustic and articulatory (e.g. ultrasound tongue images) may identify speakers' undetected linguistic skills through auditory perceptual analysis. **Purpose:** To compare the acoustic and articulatory parameters between alveolar and velar stops and between children with typical speech development and children with phonological disorders. **Methods:** The sample consisted of fifteen children with typical speech development and seven children with phonological disorders. The corpus was organized through the target-words: /'kapə/, /'tapə/, /'galo/ and /'darə/, into carrier phrase and spontaneously named. Simultaneous audio and video (tongue ultrasound images) recording were performed. The data was analyzed in acoustic and articulatory ways. **Results:** Six (spectral peak, centroid, variance, skewness, kurtosis and consonant-vowel transition) of the nine acoustic parameters investigated did not demonstrate any distinctions between children with and without speech alterations. Only spectral peak and consonant-vowel transition values were not significant for differentiating the target contrast. In relation to the ultrasound data, the proportion of significant axes of the tongue's anterior and posterior region showed some significant variations in the typical group, different from the group with phonological disorders. The tongue curves also evidenced particularities between the groups. **Conclusion:** The acoustic and articulatory parameters provided evidence about the phonic contrast between alveolar and velar stops in the studied sample. It was observed an articulatory refining of children with typical speech development and the presence of covert contrast in the speech of children with phonological disorders.

Keywords: Speech; Ultrasonography; Speech acoustics; Child; Speech sound disorder

Trabalho realizado no Programa de Pós-graduação em Distúrbios da Comunicação Humana, Universidade Federal de Santa Maria – UFSM – Santa Maria (RS), Brasil.

(1) Universidade Federal de Santa Maria – UFSM – Santa Maria (RS), Brasil.

(2) Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – UNESP – Marília (SP), Brasil.

Fontes de auxílio: Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio Grande do Sul (FAPERGS) e Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) por meio da concessão de Bolsa de Doutorado à primeira autora deste artigo e auxílio financeiro para a aquisição do equipamento utilizado para a coleta de dados (Edital CAPES 025/2011).

Conflito de interesses: Não

Contribuição dos autores: RMM foi responsável pela delimitação do estudo, coleta, análise e redação do artigo; HBM e auxiliaram na idealização, na supervisão e orientação do estudo, contribuindo de forma intelectualmente importante.

Autor correspondente: Roberta Michelon Melo. E-mail: roberta_m_melo@hotmail.com

Recebido: 26/7/2016; **Aceito:** 17/7/2017

INTRODUÇÃO

Momentos de instabilidade e estabilidade marcam o processo de desenvolvimento e aquisição de fala. No entanto, esses episódios de oscilação durante a aquisição de um sistema fônico não equivalem, unicamente, a prejuízos. Pelo contrário, parecem refletir os ensaios para a produção do padrão alvo de uma determinada língua^(1,2).

Até certa faixa etária, as diferenças de pronúncia são bem aceitas. Todavia, quando o uso da língua é muito distinto, em comparação a outras crianças da mesma idade, com deficits evidentes na significação dos sons da fala, bem como no âmbito do vocabulário e da gramática, podem então ser diagnosticados os erros ou os desvios⁽³⁾. Neste estudo, se prevê que o desvio fonológico não está relacionado somente a erros categóricos (substituições, omissões e/ou assimilações), mas também à produção de contrastes gradientes. Ou seja, além de considerar um transtorno evidente de um dos subsistemas da linguagem (mais especificamente em relação à produção dos sons da fala), é acrescentado um novo olhar para o entendimento dos transtornos de fala descritos pelo DSM-V⁽⁴⁾.

Os contrastes gradientes, intermediários ou encobertos, são entendidos como a produção de fala com um conhecimento distintivo de um determinado contraste fônico, não identificado por meio de análise perceptivoauditiva e, sim, com o auxílio de análises instrumentais de fala⁽⁵⁾. Tal interpretação está atrelada ao viés teórico da Fonologia Gestual^(6,7), à interpretação dos gestos articulatórios e, conseqüentemente, à adoção de análises instrumentais de fala, como as análises acústica e articulatória.

De acordo com esse ponto de vista, as instabilidades do sistema fônico são justificadas como decorrentes dos seguintes fatores: redução na magnitude no tempo e no espaço de gestos articulatórios individuais^(8,9,10,11); aumento na sobreposição gestual⁽¹¹⁾; ocorrência de gestos intrusivos^(8,9), ou dependência entre articuladores⁽¹²⁾.

Com o crescente interesse das áreas da linguística e da fonoaudiologia sobre o emprego de metodologias instrumentais (acústica e/ou articulatória), tem sido possível observar e descrever quais e, em que magnitude, parâmetros acústicos e/ou articulatórios estão sendo empregados para a distinção dos diversos sons da fala, antes mesmo de serem percebidos a ouvido nu⁽¹³⁾.

Com isso, os objetivos que permearam este estudo foram:

1. Comparar os parâmetros acústicos de oclusivas alveolares e velares no grupo de crianças com desenvolvimento típico de fala (DTF) e no grupo de crianças com desvio fonológico (*voice onset time* - VOT), pico espectral e momentos espectrais relativos ao *burst* (centroide, variância, assimetria e curtose, transição consoante-vogal - CV) e medidas de duração relativa da oclusão e do *burst*.
2. Comparar os parâmetros articulatórios de oclusivas alveolares e velares também em cada grupo investigado (proporção de eixos significantes da região anterior e posterior de língua e descrição das curvas de língua).

3. Comparar os dados de crianças com DTF e crianças com diagnóstico de desvio fonológico, no que se refere ao emprego dos parâmetros acústicos e articulatórios.

MÉTODOS

Este trabalho caracteriza-se como uma pesquisa quantitativa descritiva, de corte transversal. O estudo é parte de um projeto aprovado no Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal de Santa Maria, sob o número 14973013.8.0000.5346. A autorização dos responsáveis pelos participantes da pesquisa foi solicitada, mediante esclarecimento, leitura e assinatura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, condição imprescindível para a participação no estudo. O assentimento da criança sobre sua participação na pesquisa também foi considerado.

Os procedimentos envolvidos na seleção dos sujeitos foram realizados em duas escolas municipais de educação infantil e no Centro de Estudos de Linguagem e Fala (CELF), todas as instituições localizadas na cidade de Santa Maria, RS.

Para a seleção dos sujeitos da pesquisa, foram realizadas entrevista e triagem fonoaudiológica (composta pelas avaliações miofuncional orofacial, de linguagem, voz e triagem auditiva). Os sujeitos que apresentaram alteração na produção dos contrastes fônicos do Português Brasileiro (PB) foram submetidos, ainda, à coleta de fala prevista no instrumento Avaliação Fonológica da Criança (AFC)⁽¹⁴⁾, com o intuito de se obter a análise contrastiva dos sons da fala.

A amostra inicial foi constituída por 84 crianças, das quais, 62 foram excluídas por não apresentarem a faixa etária prevista no estudo (de 4 anos a 8 anos e 11 meses); por manifestarem comprometimentos auditivos, de linguagem (diagnóstico de Transtorno do Espectro Autista, prejuízo evidente dos sistemas semânticos e sintáticos e comprometimentos específicos de fala, como disfluências incomuns e/ou substituições, distorções ou omissões de segmentos, que não os de interesse desta pesquisa), de voz ou do sistema miofuncional orofacial (que influenciavam na produção correta das oclusivas); por terem realizado fonoterapia; por demonstrarem resistência às avaliações ou à coleta de dados; em razão de desistência de participação na pesquisa por parte dos responsáveis e, em virtude de influências sociolinguísticas (como o caso da produção de variantes de um segmento distintas da produzida na cidade em que foi realizado este estudo).

Com isso, a amostra total incluída na presente pesquisa constou dos dados de fala de 22 crianças, falantes monolíngues do PB, divididas em dois grupos: grupo de crianças com DTF: 15 sujeitos, sendo nove meninos e seis meninas, com idades entre 4 anos e 7 meses e 7 anos e 5 meses (M= 5 anos e 7 meses; desvio padrão= 10,9 meses); grupo de crianças com desvio fonológico: sete sujeitos, sendo cinco meninos e duas meninas, com idades entre 4 anos e 4 meses e 6 anos e 10 meses (M= 5 anos e 8 meses; desvio padrão= 10 meses). Todos os sujeitos

deste grupo possuíam dificuldade na estabilização do contraste entre oclusivas alveolares e velares, conforme apontado em análise perceptivoauditiva da fala (seis deles apresentaram a estratégia de anteriorização de oclusivas velares e um, a estratégia de posteriorização de oclusivas alveolares), além de outras alterações do sistema fônico.

Para a gravação dos dados acústicos e de imagens de ultrassonografia de língua, foram utilizados os seguintes equipamentos: microfone unidirecional (Shure® – SM48), pedestal, transdutor endocavitário (65C10EA – 5 MHz), acoplado a um equipamento de ultrassom portátil (Mindray® – DP6600), computador, caixa de som, cabine acústica, estabilizador de cabeça (Articulate Instruments Ltd®), unidade SyncBrightUp de sincronização de áudio e vídeo (Articulate Instruments Ltd®) e *Software Articulate Assistant Advanced – AAA* (Articulate Instruments Ltd®).

Os dados de /t/, /d/, /k/ e /g/ foram coletados por meio da nomeação espontânea de quatro palavras do PB – /'kapə/, /'tapə/, /'galo/ e /'darə/. Estes vocábulos foram extraídos ou embasados em critérios apresentados no Instrumento de Avaliação de Fala para Análise Acústica (IAFAC)⁽¹⁵⁾.

As palavras alvo foram representadas por figuras e apresentadas por meio da tela do computador, para a nomeação. Os sujeitos foram instruídos a incluir a palavra alvo na frase veículo “Fala ____ de novo”. Cada palavra alvo foi nomeada seis vezes, todavia, para o presente trabalho foram analisadas três repetições da palavra alvo para o estudo acústico (4 palavras x 3 repetições x 22 sujeitos = 264 consoantes oclusivas analisadas) e cinco repetições para o estudo articulatório (4 palavras x 5 repetições x 22 sujeitos = 440 consoantes oclusivas analisadas).

Algumas produções dos sons alvo foram excluídas da análise acústica devido à nomeação incorreta da palavra alvo ou da frase veículo, pausa excessiva entre as palavras da sentença, ruído externo interveniente e registro acústico do *burst* indiferenciado. Foi necessário selecionar o mesmo número de repetições das oclusivas entre os parâmetros acústicos e entre os grupos, em razão da exclusão de alguns segmentos e do tratamento estatístico selecionado. Por este motivo, foram selecionadas três repetições de cada consoante para o experimento acústico. No caso da análise das imagens de ultrassom, foram mantidas cinco repetições de cada consoante, havendo a necessidade de exclusão de segmentos diante de prejuízo na obtenção da imagem de língua no ponto de máxima constrição de língua e, do mesmo modo, com a nomeação incorreta da palavra alvo ou da frase veículo. Foram priorizadas as primeiras repetições de cada sujeito para serem incluídas nas análises do estudo. Caso uma repetição fosse excluída, era considerada a repetição seguinte, até que se completasse o número total de repetições previsto.

Durante a gravação, os sujeitos permaneceram sentados, com postura ereta, no interior de uma cabine acústica. O transdutor do ultrassom foi posicionado na região submandibular, de modo fixo, preso ao estabilizador de cabeça. Para possibilitar a aquisição das imagens com o ultrassom, foi utilizado um gel

para o contato do transdutor com a pele. Os sujeitos foram orientados a nomear as figuras em padrão vocal habitual (intensidade, frequência e velocidade), sob a supervisão de uma das pesquisadoras, que também permanecia no interior da cabine. O tempo de coleta variou de 15 a 20 minutos, sendo esta realizada em uma única sessão.

A captação de áudio e imagens do movimento de língua foi realizada com o uso do *software* AAA. Para a análise das imagens de ultrassom, foram utilizados os recursos ofertados por esse *software*. Já os sinais de áudio, foram analisados por meio do *software* PRAAT® (www.praat.org).

Com a análise acústica, foram analisados em *onset* inicial os registros acústicos de: VOT, pico espectral e momentos espectrais do *burst* (centroide, variância, assimetria e curtose), transição CV e medidas de duração relativa da oclusão e do *burst*. A extração destes parâmetros foi realizada manualmente e seguiu alguns dos procedimentos descritos em outros trabalhos^(1,13,16,17,18,19).

Para a análise articulatória dos dados ultrassonográficos, foram selecionados os instantes correspondentes à produção de cada segmento analisado ([t], [k], [d] e [g]), ou seja, com base no espectrograma fornecido pelo programa, conduziu-se pelo registro acústico relativo ao final da segunda vogal da palavra “Fala”, até o início da vogal seguinte à consoante oclusiva a ser analisada. Para isso, foi realizada a sincronização de áudio e vídeo por meio da unidade *SyncBrightUp*.

Após, foi realizada a inspeção visual no trecho selecionado, na busca do ponto de máxima elevação da língua, durante a produção da oclusiva. No quadro (*frame*) correspondente à máxima constrição da língua^(20,21), foi feito um traçado (*spline*) sob a superfície da língua, em corte sagital.

Após traçar todas as *splines* para cada uma das cinco repetições da consoante oclusiva, por meio de um comando do *software*, foi calculado um valor médio, independentemente, para cada um dos 42 eixos ou raios da *fan* e, assim, um contorno médio da língua foi desenhado com base nesses 42 pontos. Da mesma forma, foram ofertados dois desvios padrão. Na sequência, foram comparadas duas *splines* médias para cada um dos contrastes investigados ([t] x [k]; [t] x [g]; [d] x [k] e [d] x [g]), por meio de um Teste t para cada eixo da *fan*, recurso também oferecido pelo *software*, com valor de $p < 5\%$.

Com a aplicação desse teste estatístico, foi contabilizado o número total de eixos que as duas *splines* médias estavam cruzando. O número obtido foi dividido por dois, a fim de dividir a língua em duas regiões: anterior e posterior. Quando o número total de eixos correspondia a um número ímpar, o excedente era contabilizado como pertencente à região anterior. Assim, com a determinação do número total para cada região, foi levantado o número de eixos significantes na região anterior e na região posterior. Os eixos significantes apontados pelo Teste t correspondiam aos eixos em que as duas curvas médias de língua (oclusiva alveolar x oclusiva velar) mostravam diferenças estatisticamente significativas.

Por fim, foi realizado o cálculo da proporção de eixos significantes, com a divisão do número de eixos significantes da região anterior de língua pelo número total de eixos dessa mesma região. O resultado foi, então, multiplicado por 100. O procedimento foi o mesmo para a região posterior de língua. O cálculo da proporção para cada uma das duas regiões foi feito para cada sujeito do estudo. Posteriormente, esses valores foram submetidos ao tratamento estatístico dos dados.

A Figura 1 ilustra a janela do *software* com a comparação estatística entre duas *splines* médias de língua e com a divisão das duas regiões de língua.

O tratamento estatístico foi diferenciado para os dados acústicos e articulatórios. A análise estatística dos parâmetros acústicos foi conduzida a partir de uma série de ANOVA de Medidas Repetidas. Os fatores intragrupos considerados foram as quatro consoantes e as três repetições e, o fator intergrupo, o tipo de desenvolvimento da fala (crianças com DTF e crianças com desvio fonológico). Foi também realizado o Teste post hoc de Bonferroni, com utilização do *software* estatístico Statistica 7.0, com valor de $p < 0,05$.

Já para o tratamento dos valores obtidos com a ultrassonografia, inicialmente foi aplicado o teste de Normalidade Kolmogorov-Smirnov e a distribuição foi considerada normal se o valor de $p > 0,05$. Para a detecção de diferenças entre duas médias, levando em consideração a região da língua, foi utilizado o teste t Pareado para as amostras de distribuição normal, e o teste Não Paramétrico de Wilcoxon, para as amostras cuja

normalidade foi rejeitada. A comparação entre os grupos, com relação às variáveis estudadas, foi realizada com o teste de Mann-Whitney, uma vez que essas variáveis demonstraram-se não normais. Todos esses testes foram processados estatisticamente, com o auxílio do *software* Statistical Package for Social Science 15.0 (SPSS), com valor de $p < 5\%$.

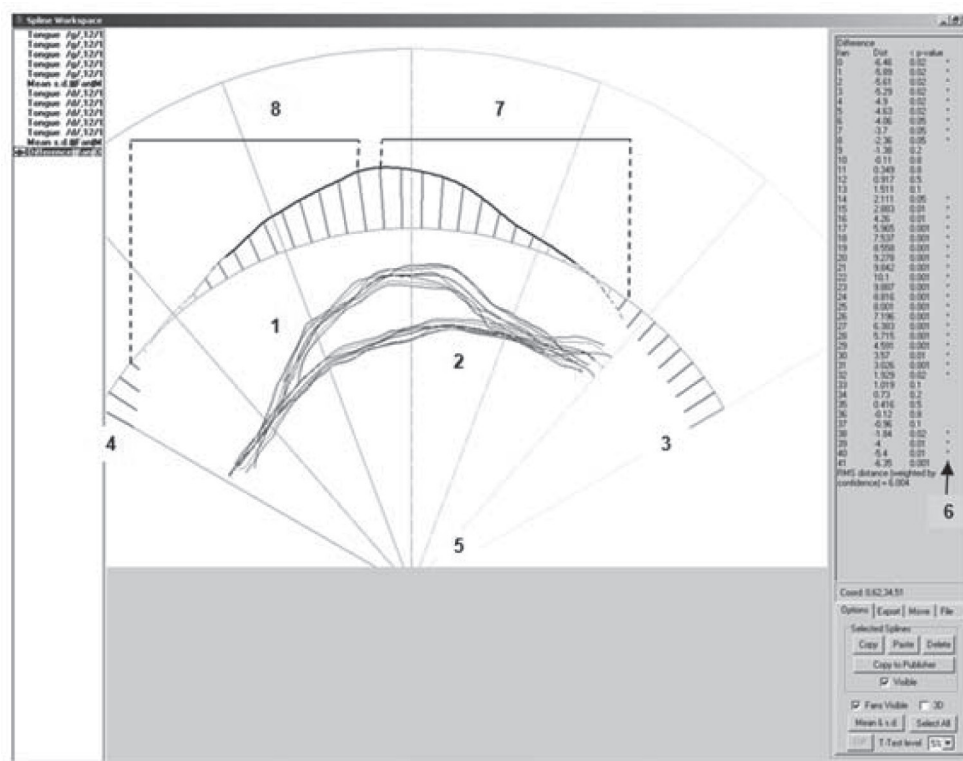
Quanto ao segundo parâmetro articulatório, a descrição das curvas de língua durante a produção das oclusivas [t], [d], [k] e [g] também foi realizada no ponto de máxima elevação da língua e com base nas variáveis do trato da Fonologia Gestual, visualizadas com o auxílio das imagens de ultrassonografia de língua (local e grau de constrição da ponta de língua e local e grau de constrição do dorso de língua)⁽⁶⁾.

RESULTADOS

Alguns dos valores descritivos (média e desvio padrão) de cada parâmetro acústico pesquisado, para os dois grupos do estudo, estão apresentados na Tabela 1.

Os resultados obtidos com a aplicação da ANOVA de Medidas Repetidas de todos os parâmetros da análise acústica estão descritos na Tabela 2.

Seis (pico espectral, centroide, variância, assimetria, curtose e transição CV) dos nove parâmetros acústicos investigados não mostraram efeito para os grupos, ou seja, esses parâmetros não apresentaram distinções acústicas entre crianças com DTF e crianças com desvio fonológico.



Legenda: 1 = Cinco *splines* e *spline* média da oclusiva [g]; 2 = Cinco *splines* e *spline* média da oclusiva [d]; 3 = Eixo "zero" da *fanspline*; 4 = Eixo "41" da *fanspline*; 5 = *Fanspline*; 6 = Asteriscos assinalando os eixos significantes; 7 = Região anterior da língua; 8 = Região posterior da língua

Figura 1. Janela do *software* Articulate Assistant Advanced (AAA)

Tabela 1. Valores descritivos dos parâmetros acústicos em cada grupo do estudo (grupo de crianças com desenvolvimento típico de fala e grupo de crianças com desvio fonológico)

| Parâmetros | | Crianças com DTF | | | | Crianças com Desvio Fonológico | | | |
|--|----|------------------|---------|---------|---------|--------------------------------|---------|---------|---------|
| | | [k] | [t] | [g] | [d] | [k] | [t] | [g] | [d] |
| VOT (ms) | M | 44,05 | 20,47 | -98,47 | -108,78 | 23,89 | 22,69 | -117,86 | -88,80 |
| | DP | 19,36 | 12,07 | 36,42 | 49,98 | 10,99 | 9,65 | 41,27 | 51,87 |
| Pico espectral (Hz) | M | 621,98 | 691,50 | 530,53 | 378,05 | 237,68 | 540,20 | 261,42 | 404,34 |
| | DP | 908,90 | 1282,25 | 582,56 | 310,24 | 222,95 | 952,41 | 113,56 | 363,72 |
| Centroide (Hz) | M | 1422,13 | 1058,79 | 827,14 | 687,94 | 754,62 | 987,17 | 682,63 | 580,47 |
| | DP | 675,25 | 1063,28 | 663,85 | 713,53 | 537,42 | 803,34 | 640,66 | 317,36 |
| Variância (MHz) | M | 2,91 | 2,89 | 1,33 | 1,10 | 2,28 | 2,69 | 1,12 | 1,11 |
| | DP | 1,68 | 2,86 | 1,82 | 1,85 | 1,97 | 2,69 | 1,53 | 0,98 |
| Assimetria | M | 2,48 | 5,88 | 5,34 | 8,09 | 4,58 | 4,24 | 6,83 | 8,05 |
| | DP | 1,43 | 6,49 | 3,85 | 5,44 | 3,06 | 2,96 | 3,86 | 6,53 |
| Curtose | M | 8,53 | 100,15 | 55,93 | 124,87 | 28,67 | 28,68 | 76,24 | 150,94 |
| | DP | 9,08 | 216,20 | 78,60 | 157,08 | 42,85 | 46,04 | 87,81 | 286,93 |
| Transição CV (Hz) | M | 1823,20 | 1861,53 | 1952,07 | 1939,91 | 1906,52 | 1932,10 | 1929,57 | 1889,71 |
| | DP | 300,04 | 268,26 | 380,56 | 346,02 | 231,82 | 230,95 | 217,46 | 219,05 |
| Duração relativa da oclusão (%) | M | 72,71 | 86,84 | 86,87 | 90,40 | 85,67 | 86,00 | 85,05 | 84,62 |
| | DP | 8,18 | 6,99 | 6,82 | 5,61 | 7,60 | 7,24 | 8,94 | 13,75 |
| Duração relativa do burst (%) | M | 27,29 | 12,80 | 13,29 | 9,58 | 14,33 | 14,00 | 14,95 | 15,38 |
| | DP | 8,21 | 6,88 | 6,85 | 5,64 | 7,60 | 7,24 | 8,94 | 13,75 |

Legenda: DTF = Desenvolvimento típico de fala; VOT = *Voice onset time*; CV = Consoante-vogal; ms = milissegundos; Hz = Hertz; MHz = Megahertz; M = Média; DP = Desvio padrão

Tabela 2. Resultados da ANOVA de Medidas Repetidas referente aos parâmetros acústicos pesquisados nas interações – grupo, consoante e consoante/grupo

| Parâmetros acústicos | Fatores | | | | | |
|------------------------------------|-------------------------|--------|----------------------|----------------|---------------------------|----------------|
| | Grupos | | Consoantes oclusivas | | Interação consoante/grupo | |
| | DTF X Desvio Fonológico | | | | | |
| VOT | F(1,20)=0,3068 | p=0,58 | F(3,60)=202,9888 | p≤0,01* | F(3,60)=3,2520 | p=0,02* |
| Pico espectral | F(1,20)=1,177047 | p=0,19 | F(3,60)=0,85866 | p=0,46 | F(3,60)=0,58182 | p=0,62 |
| Centroide | F(1,20)=2,9346 | p=0,10 | F(3,60)=3,9400 | p≤0,01* | F(3,60)=1,6733 | p=0,18 |
| Variância | F(1,20)=0,34593 | p=0,56 | F(3,60)=8,87755 | p≤0,01* | F(3,60)=0,20934 | p=0,88 |
| Assimetria | F(1,20)=0,2443 | p=0,62 | F(3,60)=8,9543 | p≤0,01* | F(3,60)=1,7171 | p=0,17 |
| Curtose | F(1,20)=0,00183 | p=0,96 | F(3,60)=5,84797 | p≤0,01* | F(3,60)=1,32382 | p=0,27 |
| Transição CV | F(1,20)=0,058 | p=0,81 | F(3,60)=0,851 | p=0,47 | F(3,60)=0,926 | p=0,43 |
| Duração relativa da oclusão | F(1,20)=0,228 | p=0,63 | F(3,60)=18,685 | p≤0,01* | F(3,60)=21,853 | p≤0,01* |
| Duração relativa do burst | F(1,20)=0,2011 | p=0,65 | F(3,60)=19,6162 | p≤0,01* | F(3,60)=22,7842 | p≤0,01* |

* Valores significativos (p<0,05) – Análise de Variância de Medidas Repetidas

Legenda: DTF = Desenvolvimento típico de fala; VOT = *Voice onset time*; CV = Consoante-vogal

Para a comparação entre as consoantes oclusivas, foram observadas diferenças, independentemente do tipo de grupo, apenas para os valores de centroide, variância, assimetria e curtose. Em oposição, três (o VOT e os dois valores de duração relativa) dos parâmetros acústicos pesquisados evidenciaram diferenças entre as oclusivas, dependentes do tipo de grupo.

Uma série de análise *post hoc* também foi realizada, com o intuito de verificar a diferença entre as consoantes entre si e

em função do grupo (nos casos de interação consoante/grupo significante).

Em relação à comparação entre os pares de consoantes oclusivas alveolares e velares ([t] x [k], [t] x [g], [d] x [g] e [d] x [k]), a análise *post hoc* dos parâmetros acústicos evidenciou que não apresentaram significância estatística para a interação consoante/grupo. Foi observada a marcação do contraste, tanto entre oclusivas alveolares e velares, como

Tabela 3. Valores de significância *post hoc* na comparação entre as oclusivas alveolares e velares, independente do grupo

| Parâmetros acústicos | [t] x [k] | [t] x [g] | [d] x [k] | [d] x [g] |
|----------------------|-----------|----------------|----------------|-----------|
| Centroide | 1,00 | 0,48 | p≤0,01* | 1,00 |
| Variância | 1,00 | p≤0,01* | p≤0,01* | 1,00 |
| Assimetria | 0,06 | 1,00 | p≤0,01* | 0,05 |
| Curtose | 0,14 | 1,00 | p≤0,01* | 0,06 |

* Valores significativos (p<0,05) – *Post hoc* de Bonferroni

entre oclusivas vozeadas e não vozeadas (Tabela 3).

No caso do VOT, outro teste *post hoc* revelou, para ambos os grupos, diferença nas comparações [t] x [g] e [d] x [k] (p≤0,01*). Para o parâmetro de duração relativa da oclusão, foi observada diferença entre a comparação de oclusivas alveolares e velares somente para o grupo com DTF, para os pares [t] x [k] e [d] x [k] (p≤0,01*). Os mesmos resultados foram constatados para o parâmetro de duração relativa do *burst* (p≤0,01*). Novamente, foi evidenciada a distinção do contraste alveolar/velar e voz. O efeito entre as repetições das consoantes não mostrou significância estatística para nenhum dos parâmetros acústicos.

No que se refere à segunda análise instrumental de fala, observou-se, nas crianças com DTF, diferença entre as regiões anterior e posterior de língua somente na comparação dos contrastes [t] x [k] e [t] x [g], com maior média percentual de eixos significantes na região anterior de língua (Tabela 4).

Tabela 4. Comparação entre as proporções de eixos significantes das regiões anterior e posterior de língua, no grupo de crianças com desenvolvimento típico de fala

| Contrastes | Região da língua | | Valor de p |
|------------------|--------------------|---------------------|---------------|
| | Anterior M (DP) | Posterior M (DP) | |
| [t] x [k] | 0,7796 (±0,10) | 0,6186 (±0,20) | 0,023* |
| [t] x [g] | 0,7564 (±0,16) | 0,5999 (±0,23) | 0,024* |
| [d] x [k] | 0,7956 (±0,12) | 0,7722 (±0,22) | 0,735 |
| [d] x [g] | 0,7456 (±0,11) | 0,6533 (±0,23) | 0,149 |

* Valores significativos (p<0,05) – Teste de Wilcoxon

Legenda: M = Média; DP = Desvio padrão

No grupo de crianças com desvio fonológico, não foi constatada diferença entre as regiões anterior e posterior de língua, para nenhum dos contrastes investigados. Verificou-se maior média percentual de eixos significantes na região anterior de língua, somente para as relações [t] x [g] e [d] x [k] (Tabela 5).

Foi verificada diferença significativa (p<0,05) entre as crianças com DTF e com desvio fonológico em todos os contrastes pesquisados ([t] x [k], [t] x [g], [d] x [k] e [d] x [g]), tanto ao comparar as proporções de eixos significantes da região anterior de língua, como ao comparar as proporções de eixos significantes da região posterior de língua. Na totalidade das comparações, foi constatada maior média de eixos significantes para o grupo de crianças com DTF.

Tabela 5. Comparação entre as proporções de eixos significantes das regiões anterior e posterior de língua, no grupo de crianças com desvio fonológico

| Contrastes | Região da língua | | Valor de p |
|------------------|--------------------|---------------------|------------|
| | Anterior M (DP) | Posterior M (DP) | |
| [t] x [k] | 0,0601 (±0,06) | 0,0664 (±0,09) | 0,916 |
| [t] x [g] | 0,2414 (±0,38) | 0,1854 (±0,26) | 0,600 |
| [d] x [k] | 0,2780 (±0,35) | 0,1198 (±0,23) | 0,063 |
| [d] x [g] | 0,0833 (±0,22) | 0,1193 (±0,12) | 0,715 |

* Valores significativos (p<0,05) – Teste t pareado

Legenda: M = Média; DP = Desvio padrão

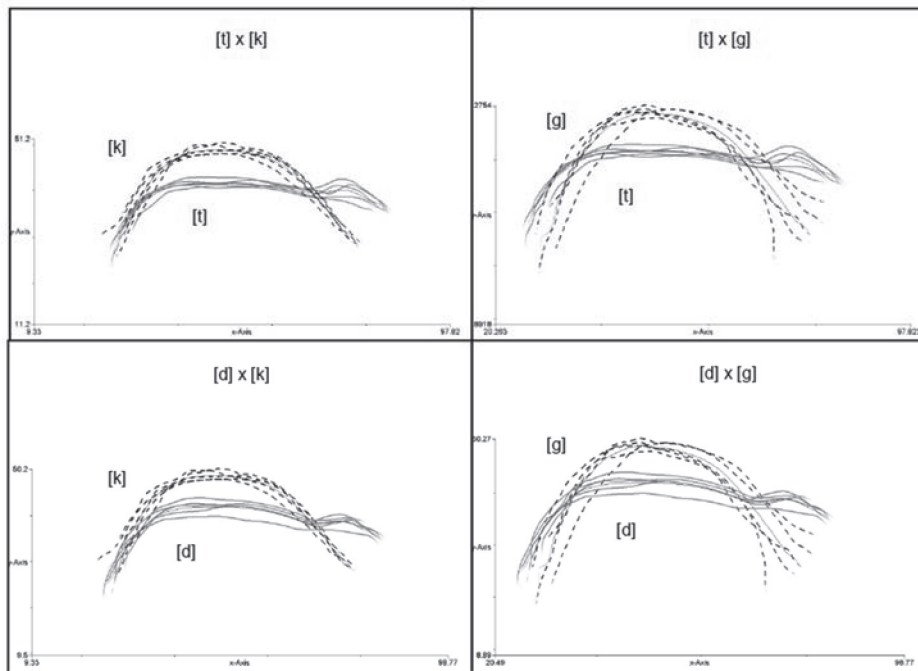
Em relação às *splines* de língua do grupo com DTF, foi observada a produção de um gesto de ponta e dorso de língua, respectivamente durante a produção de constrictões alveolares e velares (Figura 2).

Para o grupo com desvio fonológico, foi observada menor diferenciação entre as *splines* das oclusivas alveolares e velares. No entanto, para esses sujeitos, infere-se uma provável diminuição da magnitude do gesto de dorso de língua, importante para a produção das oclusivas velares (Figura 3). Esses gestos articulatórios mantiveram-se semelhantes entre todos os sujeitos incluídos no grupo com desvio fonológico. No caso do único sujeito com posteriorização de alveolares em sua fala, em uma das cinco repetições de [d] e [k] foi observada a produção de uma curva de língua compatível com uma constrictão alveolar, porém, essas produções não foram resgatadas por meio de análise perceptivoauditiva (Figura 4).

DISCUSSÃO

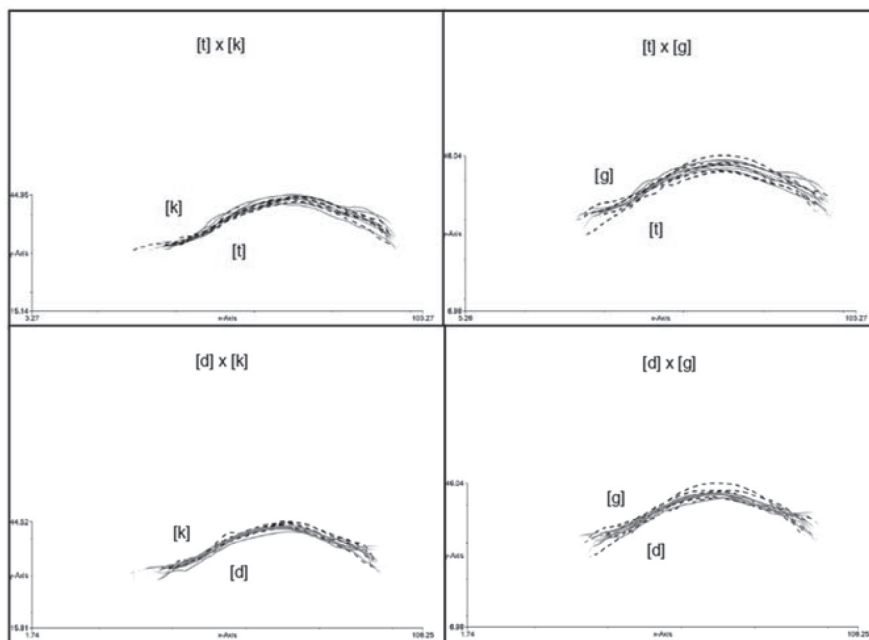
O presente estudo pretendeu, dentre outros objetivos, comparar os padrões acústicos de oclusivas alveolares e velares na fala de crianças com DTF e com desvio fonológico. Com isso, foi constatada a utilização, independentemente do tipo de grupo, de quatro dos nove parâmetros investigados, para a distinção de, pelo menos, um par de consoantes oclusivas. Essas pistas acústicas trataram-se dos valores de centroide, variância, assimetria e curtose.

Os parâmetros de VOT e durações relativas da oclusão e do *burst*, no entanto, demonstraram ser empregados de modo distinto entre crianças com e sem alteração de fala. As durações relativas de ambas as porções das oclusivas apresentaram



Legenda: Em pontilhado = oclusivas velares [k] e [g]; em linha contínua = oclusivas alveolares [t] e [d]; à esquerda das imagens = região posterior de língua; à direita = região anterior de língua

Figura 2. *Splines* de língua referentes a cada um dos contrastes investigados, produzidas por um sujeito do grupo de crianças com desenvolvimento típico de fala da pesquisa



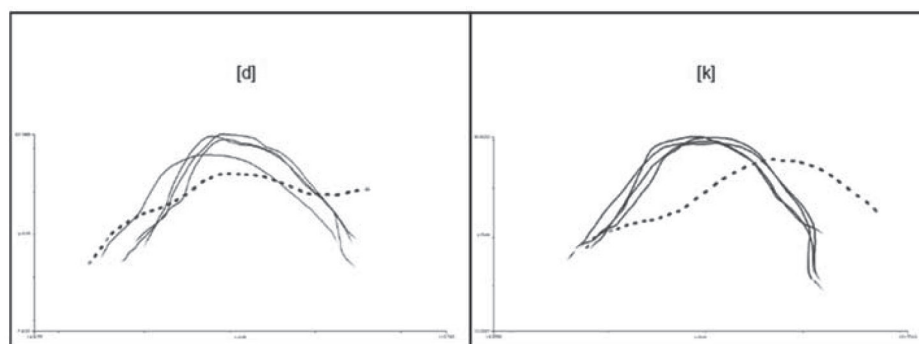
Legenda: Em pontilhado = oclusivas velares [k] e [g]; em linha contínua = oclusivas alveolares [t] e [d]; à esquerda das imagens = região posterior de língua; à direita = região anterior de língua

Figura 3. *Splines* de língua referentes a cada um dos contrastes investigados, produzidas por um sujeito do grupo de crianças com desvio fonológico

diferença estatisticamente significativa entre pares de oclusivas alveolares e velares, somente para o grupo com DTF.

Em outro estudo⁽¹⁸⁾ do PB, foi observada, para um falante adulto, a aplicação das características espectrais do *burst* (pico espectral, centroide, variância, assimetria e curtose),

da transição CV e das características temporais de [t] e [k], na diferenciação do contraste fônico entre essas consoantes. Porém, no mesmo estudo⁽¹⁸⁾, foi verificada, para as crianças com desvio fonológico, a utilização de parâmetros acústicos menos robustos (neste caso, a variância e a curtose) na distinção



Legenda: Em pontilhado = produções que se assemelham a uma constrição alveolar; em linha contínua = produções que se assemelham a uma constrição velar; à esquerda das imagens = região posterior de língua; à direita = região anterior de língua

Figura 4. Splines de língua referentes à produção das oclusivas [d] e [k] de um sujeito com desvio fonológico e utilização da estratégia de posteriorização de alveolares em sua fala

de oclusivas alveolares e velares e/ou o uso de parâmetros acústicos primários, porém, com magnitude insuficiente para ser apreendida pelo ouvido humano.

Em outro trabalho⁽¹⁷⁾, o VOT foi relacionado à marcação do contraste de vozeamento na fala de crianças com DTF, sem demonstrar, entretanto, o mesmo resultado na fala de crianças com desvio fonológico. Foi relatada^(22,23), também, a sua utilização para a distinção de ponto de articulação, neste caso, durante a produção de crianças com e sem queixa fonoaudiológica. Na presente pesquisa, o VOT apresentou diferenças estatisticamente significativas entre oclusivas alveolares e velares e entre oclusivas vozeadas e não vozeadas.

Os parâmetros de pico espectral e transição CV não se mostraram efetivos para a marcação do contraste entre oclusivas alveolares e velares na amostra deste estudo.

Até mesmo os dados referentes às crianças com aquisição típica não apresentaram diferenças entre os segmentos oclusivos por meio desses dois parâmetros, diferentemente do achado de um estudo que investigou esse contraste em um adulto típico do PB⁽¹⁶⁾. Este fato reforça a proposição de que o emprego de, pelo menos, um parâmetro relativo às principais características de um dado segmento, com magnitude satisfatória, já seria fundamental para ofertar a distinção auditiva entre consoantes distintas⁽¹³⁾. Além disso, o achado remete a uma tendência maturacional do controle motor da fala^(24,25), sugerindo que crianças com DTF estariam em processo de estabilização dos gestos articulatórios.

Quanto à comparação dos parâmetros acústicos de crianças com DTF e desvio fonológico, os resultados da presente pesquisa não apresentaram diferenças entre os dois grupos, para seis dos parâmetros acústicos estudados. Logo, inferências em torno de estados gradientes na fala infantil, novamente parecem se confirmar.

Diferenças acústicas entre diferentes segmentos sugerem um progresso em direção ao domínio gradual das pistas fonético-acústicas ausentes, em busca do estabelecimento do contraste entre as oclusivas alveolares e velares. Por conseguinte, a aparente perda de contraste de ponto articulatório pode se

tratar, na verdade, da ocorrência de contrastes encobertos⁽¹³⁾.

As tentativas em marcar o contraste fônico, portanto, não podem ser descartadas. Na prática fonoaudiológica, as evidências de um conhecimento produtivo de um determinado contraste alvo, antes do início do tratamento, podem fornecer direcionamentos para todo o processo terapêutico (como a seleção do som alvo e a determinação do prognóstico terapêutico)⁽¹⁹⁾.

Entende-se que tanto as crianças com desvio fonológico parecem estar diferenciando oclusivas alveolares e velares de forma encoberta, como crianças com DTF ainda estariam em processo de refinamento de tal distinção, o que pode fazer com que as medidas acústicas dos dados de fala desses dois grupos converjam para uma zona próxima, fazendo com que a análise acústica não consiga detectar, de modo eficaz, as diferenças entre eles.

No caso das imagens de ultrassonografia de língua foram identificadas como uma boa técnica para explorar aspectos do desenvolvimento de gestos precoces em crianças bastante jovens, na faixa etária de 2 anos⁽²⁶⁾. Do mesmo modo, também se observou a eficácia dessa técnica na presente pesquisa, fato reforçado em outro trabalho recente do PB⁽²⁷⁾.

A proporção de eixos significantes das regiões anterior e posterior de língua foi uma metodologia de análise quantitativa inovadora neste estudo, nunca antes aplicada em trabalhos da área. Embora seja necessário ter cautela ao se fazer generalizações para um dado contraste do PB, os resultados forneceram indícios para discussões sobre a importância da região médio anterior da língua, no estabelecimento dos gestos articulatórios envolvidos na produção de oclusivas alveolares *versus* velares.

Ao comparar as proporções de eixos significantes das regiões anterior e posterior de língua, entre os grupos deste estudo, foram observadas diferenças entre crianças com DTF e com desvio fonológico. Outra investigação articulatória⁽²⁸⁾, neste caso com o auxílio da eletropalatografia, também relatou diferenças entre falantes com e sem alteração de fala. Os autores justificaram tal resultado com base na ocorrência de gestos indiferenciados.

Com isso, o parâmetro articulatório adotado nesta pesquisa,

aparentemente não apontou para a presença de contrastes encobertos na fala de crianças com desvio fonológico, diferentemente da análise acústica. Porém, ao invés de afirmar categoricamente a inexistência desse tipo de contraste, optou-se por assumir a ideia de que as proporções de eixos significantes das regiões anterior e posterior de língua podem não ser sensíveis na detecção dos contrastes encobertos.

Dessa forma, se poderia supor uma superioridade da análise acústica na apreensão de gestos encobertos nos dados e análises aqui considerados, concordando com os achados de outro trabalho⁽²⁹⁾. Contudo, é possível que, para certas distinções, como o contraste de ponto articulatório, a diferença tenha sido marcada em um parâmetro não medido. O emprego de contraste encoberto foi observado em dados do Inglês⁽²⁹⁾, na fala de apenas uma criança com anteriorização de velares, por meio de uma medida acústica e uma medida de ultrassom.

Entretanto, essa constatação infere ainda, outra interpretação dos dados. Ou seja, o fato de a análise articulatória mostrar diferenças dos grupos de crianças com desvio fonológico e com DTF, embora não possa ser usado para confirmar uma das hipóteses do estudo, com relação à observação de contrastes encobertos, é também relevante por ser um fenômeno esperado, uma vez que as produções desses grupos têm resultados diferentes em termos perceptuais. Assim, é interessante notar que a análise acústica não tenha apontado diferenças estatisticamente significativas entre os grupos (mostrando que, de alguma forma, eles se aproximam), mas, ao mesmo tempo, a análise articulatória tenha mostrado uma distinção que foi relacionada ao ponto de máxima constrição de língua. Talvez, este seja justamente o momento da trajetória articulatória em que a percepção auditiva se ancore, ignorando variações temporais mais sutis, detectadas na análise acústica.

Outra análise das imagens de ultrassom de língua realizada na presente pesquisa referiu-se à inspeção visual das curvas, ou *splines* de língua. A descrição para as crianças sem alteração de fala concordou com os dados de uma criança com desenvolvimento típico de linguagem, relatada em outra pesquisa do PB⁽¹¹⁾.

Com relação às curvas de língua do grupo com desvio fonológico, foi sugerida uma aparente diminuição na magnitude do gesto de dorso de língua, durante a produção dos segmentos oclusivos velares, o que poderia explicar o porquê do referido contraste ser imperceptível, auditivamente.

Também em se tratando de dados do PB⁽²⁷⁾, com a pesquisa de /s/ e /ʃ/ para crianças com alteração de fala, foi relatada somente a ocorrência de indiferenciação dos contornos de língua entre as fricativas consideradas. A autora destacou, ainda, a existência de dados heterogêneos nesse grupo.

Outra pesquisa⁽¹⁰⁾, ao investigar substituição de /k/→[t] identificada auditivamente, constatou, nas imagens de ultrassonografia, a presença de dois gestos simultâneos (de ponta e dorso de língua), sugerindo a sobreposição de gestos de mesmo subsistema, mas com variáveis de trato distintas. Neste caso, a autora comentou que, com a existência de uma sobreposição

suficiente, um gesto pode obscurecer o outro, acusticamente, conferindo-lhe o status de gesto inaudível.

De certa maneira, as imagens de língua das crianças com desvio fonológico parecem não corresponder a substituições categóricas, as quais equivalem a uma diminuição completa do gesto pretendido, acompanhada por uma intrusão total do gesto errôneo/substituído⁽⁹⁾. Esta afirmação é embasada tanto na aparente diminuição na magnitude do gesto de dorso de língua, como nos momentos de instabilidade verificados durante a produção do único sujeito com o emprego da estratégia de posteriorização de alveolares.

Em síntese, todas as constatações deste estudo pretenderam, acima de tudo, incentivar e, principalmente, instigar novas pesquisas relacionadas aos aspectos típicos e atípicos do desenvolvimento dos contrastes fônicos da fala, além de reforçar a importância da associação da análise perceptivoauditiva a análises instrumentais de fala.

A presente pesquisa compõe um número ainda pequeno de estudos com imagens de ultrassonografia de língua, no país. Para este grupo de pesquisadores, ainda é um desafio trabalhar com análises articulatórias quantitativas e que comparem distintas análises de fala. Com isso, espera-se contribuir para o conhecimento dos processos de estabilização dos contrastes fônicos durante o desenvolvimento típico de linguagem e para a compreensão das particularidades existentes durante a organização da distintividade de sons na fala alterada.

Faz-se necessário, porém, mencionar algumas limitações encontradas neste trabalho, como a ausência de um parâmetro articulatório dinâmico, que considere o ajuste de tempo e a trajetória dos gestos articulatórios, a não associação das imagens de ultrassom a outro instrumento de análise articulatória, como a eletropalatografia ou a eletroglotografia, bem como a falta de dados quantitativos que permitam a comparação direta entre as duas análises aqui tratadas.

CONCLUSÃO

Os parâmetros acústicos e articulatórios investigados forneceram evidências sobre o contraste fônico entre oclusivas alveolares e velares, na amostra estudada. As comparações entre o desenvolvimento típico e desviante possibilitaram as duas maiores constatações desta pesquisa: a noção de um refinamento articulatório nas produções de crianças com DTF e a apreensão de contrastes encobertos na fala de crianças com desvio fonológico.

REFERÊNCIAS

1. Rodrigues LL, Freitas MCC, Albano EC, Berti LC. Acertos gradientes nos chamados erros de pronúncia. *Letras*. 2008;36:85-112.
2. Freitas MC. O gesto fônico na aquisição “desviante”: movimentos entre a produção e a percepção [tese]. Campinas: Instituto de Estudos da Linguagem, Universidade Estadual de Campinas; 2012.

3. Rinaldi LC. Procedimentos para a Análise de Vogais e Obstruintes na Fala Infantil do Português Brasileiro [dissertação]. Campinas: Instituto de Estudos da Linguagem, Universidade Estadual de Campinas; 2010.
4. American Psychiatric Association. Manual diagnóstico e estatístico de transtornos mentais - DSM-V. 4a ed. Porto Alegre: Artes Médicas; 1995.
5. Munson B, Edwards J, Schellinger SK, Beckman ME, Meyer MK. Deconstructing phonetic transcription: covert contrast, perceptual bias, and an extraterrestrial view of vox humana. *Clin Linguistic Phon.* 2010;24(4-5):245-60. <https://doi.org/10.3109/02699200903532524>
6. Browman C, Goldstein L. Articulatory phonology: an overview. *Phonetica.* 1992;49:155-80.
7. Albano EC. O gesto e suas bordas: esboço de fonologia acústico-articulatória do Português Brasileiro. Campinas: Mercado das Letras; 2001.
8. Pouplier M, Goldstein L. Asymmetries in the perception of speech production errors. *J Phon.* 2005;33:47-75.
9. Goldstein L, Pouplier M, Chen L, Saltzman E, Byrd D. Dynamic action units slip in speech production errors. *Cognition.* 2007;103(3):386-412. <https://doi.org/10.1016/j.cognition.2006.05.010>
10. Hodson SL, Jardine BR. Revisiting Jarrod: applications of gestural phonology theory to the assessment and treatment of speech sound disorder. *Int J Speech Lang Pathol.* 2009;11(2):122-34. <https://doi.org/10.1080/17549500802654617>
11. Berti LC. Investigação ultrassonográfica dos erros de fala infantil à luz da Fonologia Gestual. In: Ferreira-Gonçalves G, Brum-de-Paula M. Dinâmica dos movimentos articulatorios: sons, gestos e imagens. Pelotas: Editora UFPel; 2013. p. 127-44.
12. Gibbon FE. Undifferentiated lingual gestures in children with articulation/phonological disorders. *J Speech Lang Her Res.* 1999;42(2):382-97.
13. Berti LC, Marino VCC. Contraste fônico encoberto entre /t/ e /k/: um estudo de caso de normalidade e de transtorno fonológico. *Rev CEFAC.* 2011;13(5):866-75. <https://doi.org/10.1590/S1516-18462011005000010>
14. Yavas M, Hernandorena CLM, Lamprecht RR. Avaliação fonológica da criança: reeducação e terapia. Porto Alegre: Artmed; 2001.
15. Berti IC, Pagliuso A, Lacava F. Instrumento de avaliação de fala para análise acústica (IAFAC) baseado em critérios linguísticos. *Rev Soc Bras Fonoaudiol.* 2009;14(4):305-14. <https://doi.org/10.1590/S1516-80342009000300005>
16. Berti LC, Ferreira-Gonçalves G. A aquisição do contraste /t/ e /k/ sob a ótica dinâmica. *Rev ABRALIN.* 2012;11(1):139-96.
17. Melo RM, Mota HB, Mezzomo CL, Brasil BC, Lovatto L, Arzeno L. Parâmetros acústicos do contraste de sonoridade das plosivas no desenvolvimento fonológico típico e no desviante. *Rev Soc Bras Fonoaudiol.* 2012;17(3):304-12. <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-80342012000300012>
18. Berti LC. Produção e Percepção da fala em crianças com distúrbios fonológicos: a ancoragem em pistas fonético-acústicas secundárias. In: Ferreira-Gonçalves G, Brum-de-Paula M, Keske-Soares M. Estudos em aquisição fonológica. Pelotas: Editora e Gráfica Universitária PREC – UFPel; 2011. p. 153-74.
19. Tyler AA, Edwards M, Saxman J. Acoustic validation of phonological knowledge and its relationship to treatment. *J Speech Hear Res.* 1990;55(2):251-61.
20. Kochetov A, Sreedevi N, Kasim M, Manjula R. A pilot ultrasound study of Kannada lingual articulations. *J Indian Speech Language Hearing Assoc.* 2012;26:38-49.
21. Kochetov A, Sreedevi N, Kasim M, Manjula R. Spatial and dynamic aspects of retroflex production: an ultrasound and EMA study of Kannada geminate stops. *J Phon.* 2014;46:168-84.
22. Barroco MA, Domingues MT, Pires MF, Lousada M, Jesus LM. Análise temporal das oclusivas orais do Português Europeu: um estudo de caso de normalidade e perturbação fonológica. *Rev CEFAC.* 2007;9(2):154-63.
23. Rinaldi L, Albano E. Contrastes em estabilização em crianças sem queixas fonoaudiológicas. *Verba Volant.* 2012;3(1):1-23.
24. Cristofolini C, Seara IC. Características acústicas de consoantes plosivas e fricativas produzidas por crianças de 6 e 12 anos: período de refinamento articulatorio? *Verba Volant.* 2012;3(1):55-71.
25. Cheng HY, Murdoch BE, Goozée JV, Scott D. Electropalatographic assessment of tongue-to-palate contact patterns and variability in children, adolescents, and adults. *J Speech Lang Her Res.* 2007;50(2):375-92. [https://doi.org/10.1044/1092-4388\(2007\)027](https://doi.org/10.1044/1092-4388(2007)027)
26. Song JY, Demuth K, Shattuck-Hufnagel S, Ménard L. The effects of coarticulation and morphological complexity on the production of English coda clusters: acoustic and articulatory evidence from 2-year-olds and adults using ultrasound. *J Phon.* 2013;41(3-4):281-95. <https://doi.org/10.1016/j.wocn.2013.03.004>
27. Francisco DT. Contorno de língua na produção do /s/ e /ʃ/ na fala de adultos e crianças com e sem transtorno [dissertação]. São Paulo: Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo; 2015.
28. Lee A, Gibbon FE, O'Donovan C. Tongue-palate contact of perceptually acceptable alveolar stops. *Clin Linguist Phon.* 2013;27(4):312-21. <https://doi.org/10.3109/02699206.2012.757651>
29. Byun TM, Buchwald A, Mizoguchi A. Covert contrast in velar fronting: An acoustic and ultrasound study. *Clin Linguist Phon.* 2016;30(3-5):249-76. <https://doi.org/10.3109/02699206.2015.1056884>