

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

Roberta Michelon Melo

**O CONTRASTE ENTRE OCLUSIVAS ALVEOLARES E VELARES:
ESTADOS GRADIENTES MEDIADOS POR ANÁLISE ACÚSTICA E
ULTRASSONOGRÁFICA**

TESE DE DOUTORADO

**Santa Maria, RS
2016**

Roberta Michelin Melo

**O CONTRASTE ENTRE OCLUSIVAS ALVEOLARES E VELARES: ESTADOS
GRADIENTES MEDIADOS POR ANÁLISE ACÚSTICA E ULTRASSONOGRÁFICA**

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

Orientadora: Prof^a Dr^a. Helena Bolli Mota
Coorientadora: Prof^a Dr^a. Larissa Cristina Berti

Santa Maria, RS
2016

Ficha catalográfica elaborada através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Central da UFSM, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Michelon Melo, Roberta
O CONTRASTE ENTRE OCLUSIVAS ALVEOLARES E VELARES:
ESTADOS GRADIENTES MEDIADOS POR ANÁLISE ACÚSTICA E
ULTRASSONOGRÁFICA / Roberta Michelon Melo.-2016.
177 f.; 30cm

Orientadora: Helena Bolli Mota
Coorientadora: Larissa Cristina Berti
Tese (doutorado) - Universidade Federal de Santa
Maria, Centro de Ciências da Saúde, Programa de Pós-
Graduação em Distúrbios da Comunicação Humana, RS, 2016

1. Fonoaudiologia 2. Acústica da fala 3.
Ultrassonografia 4. Distúrbios da fala 5. Terapia de
fala I. Bolli Mota, Helena II. Cristina Berti, Larissa
III. Título.

© 2016

Todos os direitos autorais reservados a Roberta Michelon Melo. A reprodução de partes ou do todo deste trabalho só poderá ser feita mediante a citação da fonte.

Endereço: Rua Tuiuti, n. 1850, apto 501-A, Bairro Centro, Santa Maria, RS. 97015-662

Fone (0xx)55 9982 8063; E-mail: roberta_m_melo@hotmail.com

Roberta Michelon Melo

O CONTRASTE ENTRE OCLUSIVAS ALVEOLARES E VELARES: ESTADOS GRADIENTES MEDIADOS POR ANÁLISE ACÚSTICA E ULTRASSONOGRÁFICA

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

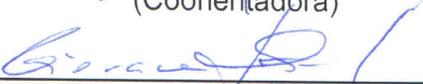
Aprovado em 29 de fevereiro de 2016:



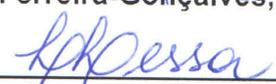
Helena Bolli Mota, Dra. (UFSM)
(Presidente/Orientadora)



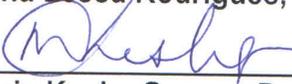
Larissa Cristina Berti, Dr^a. (UNESP)
(Coorientadora)



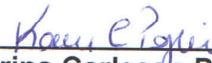
Giovana Ferreira-Gonçalves, Dra. (UFPEL)



Luciana Lessa Rodrigues, Dra. (GSU)



Márcia Keske-Soares, Dra. (UFSM)



Karina Carlesso Pagliarin, Dra. (UFSM)

Santa Maria, RS
2016

AGRADECIMENTOS

Início meus agradecimentos à Universidade Federal de Santa Maria, pelos dez anos de minha formação, pela ótima qualidade de ensino e pelos bons momentos aqui vivenciados. Agradeço também ao corpo docente do PPG em Distúrbio da Comunicação Humana.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio Grande do Sul (FAPERGS) e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pelo apoio concedido à pesquisa, bem como, pela bolsa de Doutorado concedida.

À minha querida orientadora, Dra. Helena Bolli Mota, dona de um coração gigante, de um brilho próprio e grande incentivadora do meu trabalho. Em certo momento, há algum tempo atrás, você me escreveu: “[...] que continuemos juntas pelo menos por mais um tempo, tentando desvendar os mistérios da fala”, e assim se concretizou. Obrigada por todos os ensinamentos transmitidos!

À minha coorientadora, Dra. Larissa Cristina Berti, obrigada por ter inicialmente “desbravado” as imagens de ultrassom, por ter nos aproximado à Fonologia Gestual e, acima de tudo, por ter aceitado a me coorientar à distância.

À Profa. Dra. Carolina Lisbôa Mezzomo, por juntamente com a Profa. Helena, me guiar durante o mestrado e pelas contribuições desde as etapas iniciais desta pesquisa. A leveza de suas palavras e a garra com que direciona seus trabalhos me inspiram. Hoje, um motivo maior (e lindo!) não permitiu compor a banca examinadora desta tese, mas uma cópia já estará guardada para você.

À Profa. Dra. Márcia Keske-Soares, por seu incansável trabalho frente à Coordenação do PPGDCH e por acompanhar o meu estudo desde os tempos de “pré-projeto” até a banca de defesa da presente tese. Tem toda minha admiração!

À Profa. Dra. Giovana Ferreira-Gonçalves, pelas sempre valiosas e atentas contribuições para o meu trabalho. Pelas aulas enriquecedoras de Fonologia desde os tempos do mestrado, pelo espírito leve e alegre de algumas conversas e pela capacidade admirável com que conduz seus trabalhos.

À Profa. Dra. Karina Carlesso Pagliarin, por ter aceito compor a banca de defesa da tese. Tenho certeza da sua dedicação durante a leitura minuciosa do trabalho, aliás, como em tudo que você se propõe a realizar.

À Profa. Dra. Luciana Lessa Rodrigues, por ter contribuído brilhantemente desde a etapa de qualificação deste estudo. Tive a oportunidade de lhe ouvir no evento do Dinafon, em 2012, e desde lá acompanho e me inspiro em seus trabalhos. Parabéns!

Às Profas., Dra. Ana Paula Blanco-Dutra, Dra. Gabriele Donicht, Dra. Ana Paula Ramos de Souza e Dra. Marizete Ilha Ceron, por terem aceito participar das bancas de qualificação e de defesa final como suplentes.

Aos funcionários do PPGDCH e do SAF, Adriana Ribas, Rosi Pontelli, Vera Mari Barbosa, Maria Santos e Celito por estarem sempre dispostos a ajudar.

Ao engenheiro, Leonardo Arzeno, por ter auxiliado durante a instalação de alguns equipamentos. Ao também engenheiro, Alan Wrench, por todos os suportes técnicos, mesmo de muito distante, todas as vezes que o ultrassom e o AAA resolviam nos pregar algumas surpresas.

Às escolas municipais de Santa Maria, EMEF CAIC Luizinho de Grandi e Centro de Educação Infantil Casa da Criança, representadas por seus professores e funcionários, agradeço pela confiança a mim depositada e pela oportunidade de utilizar o espaço das escolas.

Agradeço imensamente a todos os sujeitos da pesquisa, adultos, crianças e seus responsáveis, por confiarem no meu trabalho, por despenderem de seu tempo para a participação na pesquisa e, acima de tudo, por contribuírem para a Fonoaudiologia. Obrigada! Obrigada! Obrigada!

Às bolsistas, amigas e colegas do CELF, que de alguma forma auxiliaram nesta pesquisa: Fabieli Backes, Leticia Nóro, Yasmin Alves, Gabriela Santos e Karine Freitas.

À minha amiga e sempre colega, Fernanda Wiethan, pelos auxílios durante os “desesperos” do doutorado e da tese. É M.A. e é muito especial!

À minha também amiga, Roberta Dias, pela amizade e pela parceria desenvolvida em muitos trabalhos.

Às colegas Brunah Brasil e Luciana Barberena, por dividirem muitos sentimentos com relação à pesquisa e ao ultrassom. Brunah, parabéns pela coragem de buscar o que te motivaria e te instigaria. Lu, obrigada pela serenidade que você transmite e pela parceria. Força, falta muito pouquinho!

A todos os demais colegas do PPGDCH, com os quais tive o prazer de conviver durante esses quatro anos.

À minha eterna turma, ATFON 2008, por serem grandes amigas e por não termos perdido o contato até os dias de hoje. Cada vez que nos encontramos é uma grande alegria!

E, fugindo das amizades que a UFSM me proporcionou, agradeço a todos os meus amigos de Júlio e meus familiares, pelos bons momentos que passamos juntos e pelo incentivo constante.

À Prefeitura Municipal de Júlio de Castilhos por compreender algumas ausências em razão do Doutorado e aos meus colegas de trabalho (Adriane, Cleusa, Francine, Glaucus, Nita e Marta), por serem grandes companheiros.

Ao meu namorado, Giovani, por ser exemplo de dedicação e determinação no que faz. Você merece todas as conquistas! Muito obrigada pela companhia divertida e agradável em todos esses anos!

E, com os meus mais intensos sentimentos, agradeço a minha família, meus pais, Beto e Nice, e minha irmã Betina. Amo muito vocês! Pai, mãe, me faltam palavras para agradecer! Obrigada por terem dedicado (e continuarem sempre dedicando) grande parte de suas vidas para mim e minha irmã, por me guiarem para o melhor caminho, por me acompanharem em cada decisão, por todo incentivo e pelo amor eterno! Vocês sempre serão os meus maiores exemplos!

Por fim, agradeço a Deus, pela vida e por permitir que eu encontrasse com tantas pessoas especiais.

RESUMO

O CONTRASTE ENTRE OCLUSIVAS ALVEOLARES E VELARES: ESTADOS GRADIENTES MEDIADOS POR ANÁLISE ACÚSTICA E ULTRASSONOGRÁFICA

AUTORA: Roberta Michelon Melo
ORIENTADORA: Dra Helena Bolli Mota
COORDINADORA: Dra Larissa Cristina Berti

Os sons oclusivos do Português Brasileiro apresentam características peculiares em termos acústicos e articulatorios, essas consoantes são diferenciadas entre si pelo contraste de vozeamento e pelo ponto de articulação. Em alguns casos de desvio fonológico é observada uma instabilidade fônica durante a produção do contraste entre oclusivas alveolares e velares, segmentos alvos da presente tese. Nesses casos, 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 perceptivo auditiva. Para auxiliar na interpretação dos dados, este estudo foi guiado pela perspectiva teórica da Fonologia Gestual. Dessa forma, o objetivo geral desta pesquisa foi o de pesquisar indícios de um refinamento articulatorio durante o desenvolvimento típico de fala (DTF) e, examinar a presença de contrastes fônicos em construção (contrastos encobertos) na fala de crianças com desvio fonológico. Para isso, a amostra do estudo foi composta por 20 adultos, 15 crianças com DTF e sete crianças com desvio fonológico. A coleta de fala consistiu da nomeação de figuras representativas das palavras-alvo, inseridas em frase-veículo. Foi realizada a gravação simultânea de dados de áudio e vídeo, com o auxílio do *Software Articulate Assistant Advanced*. A análise dos dados foi composta por análise acústica (parâmetros: *voice onset time*; pico espectral e momentos espectrais do *burst*; transição consoante-vogal e medidas de duração relativa da oclusão e do *burst*) e articulatória (parâmetros: proporção de eixos significantes da região anterior e posterior de língua e descrição das curvas de língua). Também foi realizada a terapia de fala para três crianças com desvio fonológico, duas delas submetidas aos procedimentos terapêuticos com o auxílio do *feedback* visual das imagens de ultrassom de língua e uma sem o apoio do *feedback* visual. A análise dos efeitos terapêuticos foi realizada por meio dos mesmos parâmetros articulatorios e via análise perceptivo auditiva. Quanto aos principais resultados deste trabalho: (i) foi sugerida a presença de um período de estabilização durante o DTF, mesmo após a aquisição completa do sistema de sons; (ii) também foram verificadas algumas evidências de estados gradientes e contrastos encobertos na fala de crianças com desvio fonológico, e; (iii) a terapia de fala aqui proposta e seus procedimentos terapêuticos se mostraram eficazes para a aquisição e estabilização do contraste entre as oclusivas alveolares e velares. Todavia, a utilização do recurso terapêutico do *feedback* visual não apresentou fortes evidências de superioridade dessa técnica em contraponto a sua não aplicação, ao menos por meio dos resultados da análise perceptivo auditiva e articulatória aqui conduzidas. Ainda em relação à terapia de fala, a análise articulatória via imagens de ultrassom não se mostrou mais sensível na apreensão de estados gradientes durante o processo terapêutico em relação à análise perceptivo auditiva. Assim, mesmo que algumas hipóteses da pesquisa foram parcialmente comprovadas, acredita-se na contribuição do presente estudo para o entendimento da complexidade envolvida no desenvolvimento de fala, seja ele típico ou com alterações. A partir disso, pretende-se instigar novos questionamentos e direcionamentos para a prática fonoaudiológica.

Palavras-chave: Fala. Criança. Adulto. Acústica da fala. Ultrassonografia. Distúrbios da fala. Terapia de fala.

ABSTRACT

THE CONTRAST BETWEEN ALVEOLAR AND VELAR STOPS CONSONANTS: GRADIENT CONDITIONS MEDIATED BY ACOUSTIC ANALYSIS AND ULTRASONOGRAPHY

AUTHOR: Roberta Michelon Melo
ADVISOR: Dra Helena Bolli Mota
CO-ADVISOR: Dra Larissa Cristina Berti

The Brazilian Portuguese stops sounds present unique characteristics in relation to acoustic and articulatory aspects. These consonants differ from each other by voicing and place of articulation. In some cases of phonological disorders, it is observed phonic instability during the production of the contrast between the alveolar and velar stops, target segments of this thesis. In these cases, speech instrumental analysis, such as acoustic and articulatory (e.g. ultrasound tongue images) may identify speakers undetected linguistic skills through auditory perceptual analysis. In order to help data interpretation, this study was based on the Gestural Phonology theoretical perspective. Thus, the general purpose of this study was to identify evidence of articulatory refinement during typical speech development and to examine the presence of phonic contrasts under construction (covert contrasts) in speech of children with phonological disorders. In this regard, this study sample consisted of 20 adults and 15 children with typical speech development and seven children with phonological disorders. The speech collection consisted of naming representative pictures of the target-words, into carrier phrases. Simultaneous recording of audio and video data was performed through the Articulate Assistant Advanced Software. The data analysis occurred through acoustic analysis (parameters: voice onset time; spectral peak and burst spectral moments; vowel/consonant transition and relative duration measures of the burst and of the occlusion) and articulatory (parameters: proportion of significant axes of the tongue anterior and posterior region and description of tongue curves). It was also performed speech therapy for the three children with phonological disorders; two of them were submitted to therapeutic procedures through ultrasound tongue images visual feedback and one without visual feedback support. The analysis of the therapeutic effects was performed through the same articulatory parameters and through auditory perceptual analysis. About the main study results: (i) It was suggested a period of stabilization during typical speech development, even after the complete sounds acquisition; (ii) it was also verified evidence of gradient condition and covert contrasts in speech of the children with phonological disorders, and; (iii) the proposed speech therapy and its therapeutic procedures were effective to acquisition and stabilization of the contrast between alveolar and velar stops. However, the use of the visual feedback therapeutic resource did not present strong evidence of superiority of this technique in opposition to not using it, unless through the results of auditory and articulatory perceptual analysis used in this study. Also in relation to speech therapy, the articulatory analysis through ultrasound images was not more sensitive in the understanding of gradient conditions during the therapeutic process in relation to auditory perceptual analysis. So, although some research hypotheses were partially proven, it is believed in the present study contribution to understand the complexity involved in speech development, as typical, as with alterations. From this, there is the intention of instigating new questions and directions to Speech, Language and Hearing Sciences.

Keywords: Speech. Child. Adult. Speech Acoustics. Ultrasonography. Speech Disorders. Speech Therapy.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

INTRODUÇÃO

Figura 1 –	Representação das variáveis do trato e dos articuladores envolvidos.....	16
Figura 2 –	Exemplo de pauta gestual, representação referente à palavra “palm” da língua inglesa, produzida como [p ^h am].....	17
Figura 3 –	Exemplo de pauta gestual referente à oclusiva [g].....	17
Figura 4 –	Representação dos principais eventos articulatórios envolvidos na produção da oclusiva alveolar não-vozeada /t/.....	22
Figura 5 –	Forma de onda e espectrograma da análise acústica durante a produção da oclusiva /t/.....	22
Figura 6 –	Divisão das oclusivas de acordo com o ponto de articulação....	23
Figura 7 –	Pauta gestual referente à palavra [ˈpata]	24
Quadro 1 –	Parâmetros acústicos utilizados para a investigação do contraste entre oclusivas alveolares e velares.....	27

ARTIGO DE PESQUISA 1

Figura 1 –	Exemplo de pauta gestual para as palavras do Inglês – “tick”, “sick” e “thick”	43
Figura 2 –	Janela do Software Articulate Assistant Advanced (AAA).....	53
Figura 3 –	Splines de língua referentes a cada um dos contrastes investigados, produzidas por um sujeito do grupo de adultos da pesquisa.....	61
Figura 4 –	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.....	62

ARTIGO DE PESQUISA 2

Quadro 1 –	Parâmetros considerados na análise acústica.....	83
Figura 1 –	Janela do Software Articulate Assistant Advanced (AAA).....	84
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.....	90
Figura 3 –	Splines de língua referentes a cada um dos contrastes investigados, produzidas por um sujeito do grupo de crianças com desvio fonológico da pesquisa.....	91
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.....	91

ARTIGO DE PESQUISA 3

Quadro 1 –	Caracterização dos sujeitos da pesquisa.....	108
Figura 1 –	Figuras representativas dos estímulos utilizados durante a terapia de fala.....	111
Figura 2 –	Exemplo de atividades lúdicas inseridas nas sessões de terapia (trilha, jogo da memória, bingo e dominó).....	112
Figura 3 –	Estrutura do 1º ciclo de Terapia.....	113
Figura 4 –	Janela do Software Articulate Assistant Advanced (AAA).....	120
Figura 5 –	Dados articulatórios na comparação do contraste, [t] versus [k], durante as quatro coletas realizadas no decorrer da terapia de fala.....	125

Figura 6 –	Dados articulatórios na comparação do contraste, [d] versus [g], durante as quatro coletas realizadas no decorrer da terapia de fala.....	126
Figura 7 –	Splines de língua de [t] x [k], durante as quatro coletas de fala do Sujeito 1.....	128
Figura 8 –	Splines de língua de [d] x [g], durante as quatro coletas de fala do Sujeito 1.....	129
Figura 9 –	Splines de língua de [t] x [k], durante as quatro coletas de fala do Sujeito 2.....	130
Figura 10 –	Splines de língua de [d] x [g], durante as quatro coletas de fala do Sujeito 2.....	131
Figura 11 –	Splines de língua de /t/ x /k/, durante as quatro coletas de fala do Sujeito 3.....	132
Figura 12 –	Splines de língua de /d/ x /g/, durante as quatro coletas de fala do Sujeito 3.....	133

LISTA DE TABELAS

ARTIGO DE PESQUISA 1

Tabela 1 – Valores descritivos dos parâmetros acústicos pesquisados para os dois grupos do estudo.....	55
Tabela 2 – Resultados da análise estatística referente aos nove parâmetros acústicos pesquisados.....	56
Tabela 3 – Valores de significância <i>post hoc</i> na comparação entre as oclusivas alveolares e velares, nos dois grupos de sujeitos, na ausência da interação consoante/grupo.....	57
Tabela 4 – Comparação entre as proporções de eixos significantes da região anterior e posterior de língua, no grupo de adultos.....	59
Tabela 5 – Comparação entre as proporções de eixos significantes da região anterior e posterior de língua, no grupo de crianças com desenvolvimento típico de fala.....	60

ARTIGO DE PESQUISA 2

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).....	86
Tabela 2 – Resultados da análise de Variância de Medidas Repetidas referente aos parâmetros acústicos pesquisados nas interações – grupo, consoante e consoante/grupo.....	87
Tabela 3 – Valores de significância <i>post hoc</i> na comparação entre as oclusivas alveolares e velares, independente do grupo.....	88
Tabela 4 – Comparação entre as proporções de eixos significantes da região anterior e posterior de língua, no grupo de crianças com desenvolvimento típico de fala.....	88
Tabela 5 – Comparação entre as proporções de eixos significantes da região anterior e posterior de língua, no grupo de crianças com desvio fonológico.....	89

ARTIGO DE PESQUISA 3

Tabela 1 – Dados referentes ao julgamento perceptivo auditivo da mesma amostra de fala submetida à análise articulatória, nas quatro coletas de fala realizadas durante a terapia.....	122
Tabela 2 – Dados de “Generalização a itens não utilizados no tratamento”...	123
Tabela 3 – Dados de “Generalização para outra posição na palavra”.....	123
Tabela 4 – Dados de “Generalização para outra classe de sons”.....	124

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AAA	<i>Software Articulate Assistant Advanced</i>
AFC	Avaliação Fonológica da Criança
AFC/I	Avaliação Fonológica da criança/inicial
AFC/F	Avaliação Fonológica da criança/final
CEP	Comitê de Ética em Pesquisa
CELF	Centro de Estudos de Linguagem e Fala
CV	Consoante-Vogal
dB	Decibel
DTF	Desenvolvimento Típico de Fala
F2	Segundo Formante
FAAR	Fonologia Acústico Articulatória
FAR	Fonologia Articulatória
FFT	<i>Fast Fourier Transform</i>
GCCL	Grau de constrição do corpo da língua
GCPL	Grau de constrição da ponta da língua
Hz	Hertz
IAFAC	Instrumento de Avaliação de Fala para Análise Acústica
IES	Instituição de Ensino Superior
LCCL	Local de constrição do corpo da língua
LCPL	Local de constrição da ponta da língua
ms	Milissegundos
MHz	Megahertz
OM	<i>Onset</i> Medial
PB	Português Brasileiro
S	Sujeito
SAF	Serviço de Atendimento Fonoaudiológico
SPSS	<i>Software Statistical Package for Social Science</i>
TCLE	Termo de Consentimento Livre e Esclarecido
UFSM	Universidade Federal de Santa Maria
VOT	<i>Voice Onset Time</i>

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
2 ARTIGO DE PESQUISA 1	38
3 ARTIGO DE PESQUISA 2	75
4 ARTIGO DE PESQUISA 3	100
5 DISCUSSÃO	146
6 CONCLUSÃO	158
REFERÊNCIAS	160
APÊNDICES	169
ANEXOS	174

1 INTRODUÇÃO

A linguagem, em seus complexos subsistemas, caracteriza os seres humanos e os torna únicos dentre todos os seres vivos. Os anseios científicos da presente tese permeiam especificamente a fala, o seu desenvolvimento, aquisição e estabilização.

Nesse sentido, esta pesquisa teve como tema principal a análise do contraste fônico entre oclusivas alveolares e velares na fala típica (adultos e crianças com desenvolvimento típico de fala – DTF) e atípica (especificamente crianças com diagnóstico de desvio fonológico). Para tanto, foi priorizada a investigação de fala embasada por análise acústica e articulatória (imagens de ultrassonografia dos movimentos de língua). Os princípios teóricos fundamentais para a elaboração de todas as etapas deste trabalho estão atrelados à teoria da Fonologia Gestual (ALBANO, 2001; BROWMAN e GOLDSTEIN, 1986, 1989, 1990, 1992).

Portanto, a fim de discorrer sobre tópicos relevantes para o entendimento desta tese, a presente introdução do estudo está dividida em:

- (i) Referencial teórico (Fonologia Gestual; Desenvolvimento de fala típico e com desvio fonológico sob a perspectiva da Fonologia Gestual; Consoantes oclusivas; Métodos instrumentais de análise de fala, e; *Feedback* visual na terapia de fala);
- (ii) Hipóteses, e;
- (iii) Objetivos (geral e específicos).

1.1 REFERENCIAL TEÓRICO

1.1.1 Fonologia Gestual

A Fonologia Gestual, teoria linguística que embasa a presente tese, apresenta premissas teóricas elementares às quais a distancia de teorias mais amplamente divulgadas em estudos da área fonoaudiológica, como os modelos fonológicos Lineares e Não-Lineares – os quais dentre as principais publicações citam-se: Chomsky e Halle (1968) e Clements e Hume (1995), por exemplo.

Em oposição às unidades de análise categóricas (fonemas ou traços distintivos) abordadas nas teorias referidas acima, Browman e Goldstein (1986,

1989, 1990, 1992) propuseram um modelo dinâmico de produção de fala, denominado Fonologia Articulatória (FAR).

Mais tarde, com base em importantes princípios teóricos da FAR e com o intuito de incorporar relações acústicas e articulatórias à teoria, foi proposta a Fonologia Acústico Articulatória (FAAR), de Albano (2001). Obra de extrema importância para a inserção desse modelo teórico no contexto brasileiro.

No entanto, em estudos mais recentes, com intuito de evitar a associação da teoria unicamente ao conceito articulatório, essa tem sido referenciada como Fonologia Gestual (ALBANO, 2012; BERTI, 2010a, 2010b, 2013a; BERTI e FERREIRA-GONÇALVES, 2012; COSTA, 2011; FREITAS, 2012; HODSON e JARDINE, 2009; RINALDI, 2010; RINALDI e ALBANO, 2012), terminologia também empregada nesta pesquisa.

Como reportado anteriormente, a Fonologia Gestual se refere a um modelo dinâmico de produção de fala (uma vez que definido pela equação dinâmica que modela o movimento de um sistema oscilatório simples), que tem como unidade de análise o gesto articulatório (SILVA, 2003). Com isso:

Dois fenômenos linguísticos conhecidos são fáceis de assimilar intuitivamente a um sistema dinâmico: a formação de constrições no trato vocal e a evolução diacrônica das frequências de ocorrência das variantes de uma unidade fônica ou gramatical (p.ex., alofones, alomorfes, marcadores gramaticais, etc.) (ALBANO, 2012, p.4).

A autora (ALBANO, 2012) comenta ainda que consequentemente é incorporada à linguística duas noções fundamentais, a de tempo e de espaço, o que acaba por romper, em partes, com a tradicional análise fonêmica e descrição sincrônica.

Os gestos articulatórios referem-se a uma “oscilação abstrata, que especifica constrições no trato vocal e induz os movimentos dos articuladores” (ALBANO, 2001, p. 52). Portanto, o gesto articulatório não é representado pelo movimento dos articuladores isoladamente, mas pelas variáveis do trato (protrusão e abertura labial; local e grau de constrição da ponta de língua; local e grau de constrição do dorso de língua; abertura vélica e abertura glotal).

Desse modo, cada som consiste de múltiplas variáveis do trato, representadas na pauta gestual, cada qual com o seu tempo de ativação e duração intrínsecos. Assim, os contrastes fônicos passam a ser definidos pela especificação

de diferentes descritores de grau e local de constrição (BROWMAN e GOLDSTEIN, 1992). Gafos (2002, p. 275) afirma que “gestos contrastam com base em suas variáveis do trato”.

Na Figura 1 encontra-se a representação dessas variáveis, com os possíveis direcionamentos das constrições dos gestos articulatórios (à esquerda), além da descrição dos articuladores envolvidos para cada variável do trato vocal (à direita). Por exemplo, visualizam-se as variáveis do trato, “local de constrição do corpo de língua” e “grau de constrição do corpo de língua”, essas variáveis envolvem dois articuladores, corpo de língua e mandíbula e, assim por diante, para as demais variáveis previstas pela Fonologia Gestual.

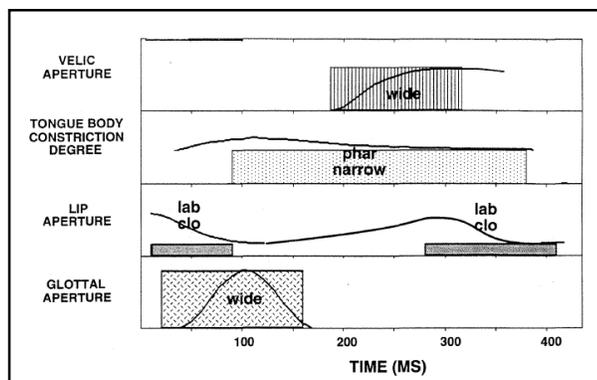
Figura 1 – Representação das variáveis do trato e dos articuladores envolvidos

tract variable		articulators involved
LP	lip protrusion	upper & lower lips, jaw
LA	lip aperture	upper & lower lips, jaw
TTCL	tongue tip constrict location	tongue tip, tongue body, jaw
TTCD	tongue tip constrict degree	tongue tip, tongue body, jaw
TBCL	tongue body constrict location	tongue body, jaw
TBCD	tongue body constrict degree	tongue body, jaw
VEL	velic aperture	velum
GLO	glottal aperture	glottis

Fonte: (BROWMAN e GOLDSTEIN, 1992, p. 24).

As figuras seguintes (Figura 2 e 3) exemplificam duas pautas gestuais extraídas, respectivamente, dos trabalhos de Browman e Goldstein (1992) e Cristofolini (2013).

Figura 2 – Exemplo de pauta gestual, representação referente à palavra “*palm*” da língua inglesa, produzida como [p^ham]



Fonte: (BROWMAN e GOLDSTEIN, 1992, p. 28).

A Figura 2 ilustra os gestos articulatórios durante a produção da palavra “*palm*”, do Inglês. É possível observar o tempo de ativação de cada gesto (representado no plano horizontal), a sobreposição gestual (em consonância com o início de cada gesto nas quatro camadas da pauta gestual) e o grau de constrição (representado no plano vertical).

Figura 3 – Exemplo de pauta gestual referente à oclusiva /g/

	[g]	[g] com interrupção do vozeamento na porção inicial
Região dorsal		
local de constrição	velar	velar
grau de constrição	fechado	fechado
Região glotal		
local de constrição		
grau de constrição	fechado	aberto fechado

Fonte: (CRISTOFOLINI, 2013, p. 213).

Cristofolini (2013) em seu trabalho ofertou a ilustração de uma pauta gestual para dados do Português Brasileiro (PB), especificamente para a oclusiva velar vozeada. A autora se baseou na proposta teórica de ALBANO (2001), a qual inseriu “[...] regiões acústico-articulatórias nas quais se projeta o gesto articulatório, e não

em termos dos conjuntos dos articuladores” (BERTI, 2006, p. 39). Nessa pauta gestual (Figura 3) a pesquisadora (CRISTOFOLINI, 2013) apresentou a oclusiva [g] produzida de forma considerada típica e, com a interrupção do vozeamento na porção inicial do segmento.

Porém, não só o caráter dinâmico do gesto é contemplado na Fonologia Gestual, mas também sua característica simbólica, uma vez que a repetição de um gesto faz com que haja a emergência de um padrão gestual. Com isso, visualiza-se uma relação direta entre o nível fonético e o nível fonológico, sem ser necessário prever um conjunto extenso de regras (SILVA, 2003).

Berti e Ferreira-Gonçalves (2012, p. 168) reiteram que “gestos articulatórios servem, simultaneamente, como unidade de ação (formação de constricção) e de informação (codificando o contraste)”. Interpretação advinda de Browman e Goldstein (1992).

Com esse ponto de vista teórico as categorias discretas, ou seja, os padrões que emergiram e se estabilizaram, são relacionadas durante esse processo a graus, gradientes ou contínuos (ALBANO, 2012). A autora explica ainda que:

O aparente passe de mágica é dado por uma noção surgida para captar momentos de estabilidade na trajetória instável de um sistema dinâmico: o atrator. Um atrator é um ponto no espaço de estados de um sistema dinâmico para o qual a sua trajetória tende a convergir em todas as suas iterações. Por exemplo, um pêndulo real, sujeito a atrito, tem um atrator pontual, que é o seu ponto de repouso. Já um pêndulo ideal, livre de atrito, tem um atrator cíclico, que é o seu período. Ambos os tipos de atratores definem comportamentos estáveis, categóricos, em sistemas instáveis, fora de equilíbrio e, portanto, sujeitos a comportamentos gradientes e até caóticos (ALBANO, 2012, p. 5).

Sendo assim, a noção de gradiência passa a ser associada à produção dos contrastes fônicos de uma dada língua. Estudos interpretados à luz da Fonologia Gestual mencionam com grande frequência a presença de ajustes gradientes durante o desenvolvimento de fala, caracterizados tanto por produções categóricas (quando o segmento fônico alvo é compatível com as análises de oitiva e instrumentais – acústica e articulatória), quanto por produções gradientes (relacionadas a estados intermediários identificados com o auxílio de análises instrumentais, ou seja, apresentam distinções relativas ao contraste-alvo captadas por meio de análise acústica e/ou articulatória) (BERTI, 2005, 2006, 2010a, 2010b, 2013a; BERTI e MARINO, 2008, 2011; BERTI e FERREIRA-GONÇALVES, 2012;

BONATTO, 2007a; BRESSMAN et al., 2011; FREITAS, 2012; HODSON e JARDINE, 2009; LEVY, 1993; PANHOCA, 1995; POUPLIER e GOLDSTEIN, 2005; RINALDI, 2010; RODRIGUES et al., 2008, 2012).

Esse tipo de acerto gradiente é representado pela existência de contrastes encobertos, os quais são definidos como produções acusticamente distintas, julgadas como idênticas por meio de análise perceptivo auditiva (MACKEN e BARTON, 1980). Os contrastes encobertos representam, portanto, uma etapa intermediária, instável, durante a aquisição dos sons da fala (RODRIGUES et al., 2008; FREITAS, 2012).

Logo, essa seria uma das principais contribuições da Fonologia Gestual às áreas da aquisição de sons da língua materna e das alterações de fala, como abordado na sequência.

1.1.2 Desenvolvimento de fala típico e com desvio fonológico sob a perspectiva da Fonologia Gestual

Quanto ao desenvolvimento da fala, esse passa a ser experienciado desde o nascimento (ou, até mesmo antes disso) por meio de condutas sensório-motoras e exposição à língua materna (ALBANO, 1990; RINALDI, 2010; SCHLIEMANN, 2011). Em ordem crescente de complexidade, as experiências frente aos sons da fala vão se tornando cada vez mais precisas para a língua em aquisição.

Num período muito inicial do desenvolvimento, durante o balbúcio, os sons passam a ser diferenciados e explorados por meio do trato vocal e de suas coordenações articulatorias. Grandes marcos do desenvolvimento podem ser observados com o surgimento das primeiras palavras, com a explosão do simbólico, dando início ao estabelecimento das ligações entre as experiências do aprendiz e o seu meio. E então, a partir do terceiro ano de vida, as crianças demonstram significativos progressos (ALBANO, 1990).

A autora (ALBANO, 1990) ressalta ainda quatro condições fundamentais para a ocorrência do processo de aquisição da linguagem, os quais são: o interesse subjetivo do aprendiz; seu aparato sensório-motor; valorização da linguagem no meio e; a existência de uma gramática organizada que propicie à criança descobri-la e desenvolvê-la.

Rodrigues (2008, p. 107) afirma em seu trabalho que “[...] no processo de aquisição do sistema fônico, existe uma alternância de momentos de estabilidades e instabilidades nas produções de fala das crianças”. A flutuação observada no desenvolvimento da fala infantil constitui-se como “um fenômeno fundamental na formação e na estruturação de padrões do sistema fônico da criança, uma vez que ela possibilita que a criança desvende o caminho para atingir novas estabilidades” (RODRIGUES, 2008, p. 108).

Mesmo em outra perspectiva teórica, Lamprecht et al. (2004) também afirmam que a aquisição dos sons da fala é um processo não linear, gradual e intrínseco ao sujeito. Por muito tempo, o quinto ano de vida foi considerado um balizador do DTF, período em que é observada uma aproximação do sistema fônico infantil com o padrão adulto. Entretanto, um aumento nesse período de desenvolvimento para falantes do PB tem sido evidenciado, ou seja, novas constatações sugerem a continuidade do processo de aquisição de alguns sons para além dos seis anos de idade (WIETHAN, 2015).

Além disso, também são encontrados indícios de que o *continuum* no desenvolvimento da fala parece não cessar com o surgimento de todos os segmentos de uma língua. Cristofolini (2013, p. 272) cita um período de “refinamento articulatório”, mesmo após o “término” da aquisição fonológica.

Assim, a fala da criança em processo de estabilização dos contrastes fônicos é caracterizada por um funcionamento linguístico distinto da fala do adulto. Até uma determinada faixa etária, as diferenças de pronúncia são bem aceitas, porém, quando o uso da língua é muito distinto, ou seja, quando a fala apresenta diferenças de pronúncia, vocabulário e gramática muito marcantes em relação a outras crianças de mesma idade, podem ser observados os erros ou desvios (RINALDI, 2010).

A forma como os desvios fonológicos são interpretados na presente tese está relacionada com a ideia de que crianças com essa dificuldade de fala apresentam como principal característica uma instabilidade fônica (marcada tanto por produções categóricas, como por produções gradientes/intermediárias dos sons da fala), captada pelo ouvido humano como: substituições, omissões e/ou distorções de segmentos, prejudicando, com isso, a contrastividade dos sons da língua. O entendimento ou a própria descrição do desvio fonológico estão comumente atrelados ao referencial teórico de base, o fato de salientar os contrastes em

construção (contrastes encobertos) está intimamente relacionado a achados da Fonologia Gestual.

Os contrastes encobertos ou gradientes, como citados no parágrafo anterior, são discutidos na literatura desde muito tempo (MACKEN e BARTON, 1980) e representam um fundamental avanço no entendimento dos processos de produção da fala. Esse tipo de contraste é definido por Munson et al. (2010) como uma diferença subfonêmica, insuficiente para ser apreendida por transcrição fonética categórica, entretanto, facilmente resgatada por meio de medidas instrumentais.

No mesmo sentido, Panhoca (1995, p. 66) afirma que o processo de aquisição do sistema linguístico parece ser guiado por “tentativas, buscas e aproximações que indicam conhecimento linguístico”. Entende-se por “tentativas, buscas e aproximações”, as produções orais marcadas pela presença de contrastes encobertos, por exemplo.

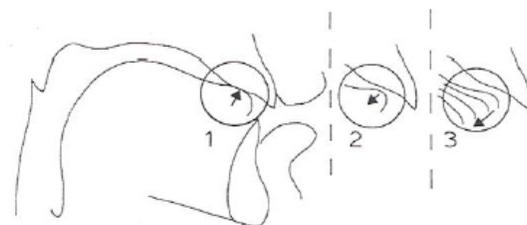
A seguir são detalhados os segmentos oclusivos, alvo do presente estudo, no que diz respeito a sua caracterização acústica e articulatória, aquisição, definição por meio dos descritores gestuais da Fonologia Gestual e ocorrência na fala de crianças com diagnóstico de desvio fonológico.

1.1.3 Consoantes oclusivas

As consoantes oclusivas (/p/, /b/, /t/, /d/, /k/ e /g/) distinguem-se das demais classes de sons do sistema fônico no que se refere ao seu modo de articulação bastante peculiar. O modo articulatório dessas consoantes é determinado pelo bloqueio extremo dos órgãos fonoarticulatórios envolvidos, seguido pela forte soltura da corrente aérea, como ilustrado na Figura 4.

Estudos baseados pela análise acústica descrevem dois importantes momentos durante a produção dos sons oclusivos, que são: (i) a presença de um intervalo de silêncio (instante gerado pela completa obstrução à passagem aérea), preenchido ou não por uma barra de sonoridade (pista acústica relacionada à caracterização do contraste de vozeamento) e; (ii) a presença do *burst* (originado pela brusca plosão do trato vocal) (LEVY, 1993; LISKER e ABRAMSON, 1964). Tais eventos acústicos podem ser visualizados na Figura 5, coletada para um sujeito adulto incluído na presente pesquisa.

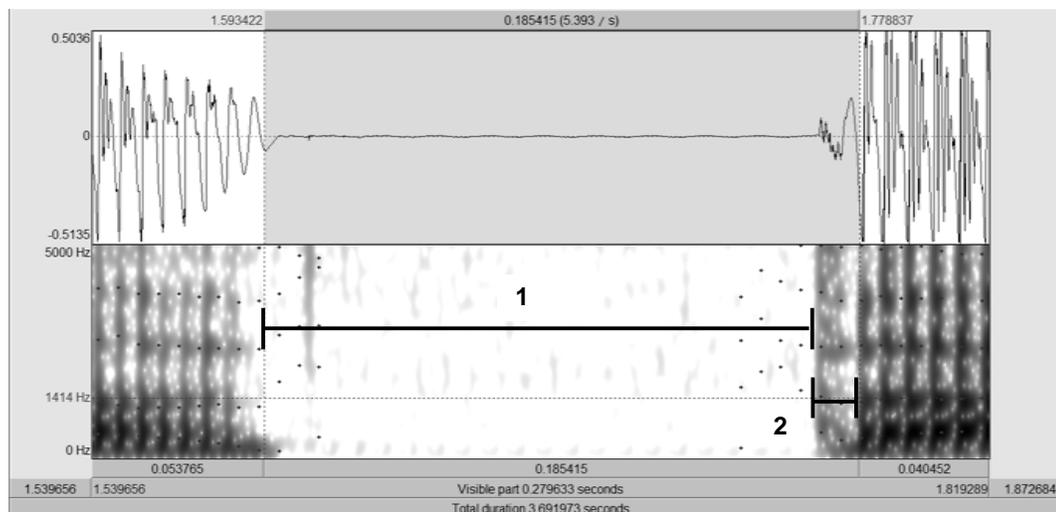
Figura 4 – Representação dos principais eventos articulatórios envolvidos na produção da oclusiva alveolar não-vozeada /t/



Fonte: (KENT e READ, 1992).

Legenda: 1 – obstrução do trato vocal; 2 – soltura; 3 – transição articulatória para a produção do som adjacente.

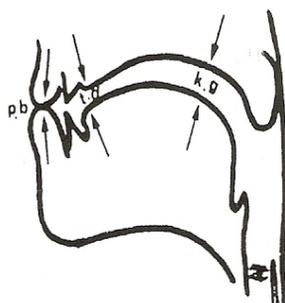
Figura 5 – Forma de onda e espectrograma da análise acústica durante a produção da oclusiva /t/



Legenda: 1 – Oclusão da corrente aérea representada pelo intervalo de silêncio; 2 – Soltura da corrente aérea.

Dentro da classe das oclusivas, os segmentos podem ser classificados quanto ao contraste de vozeamento (oclusivas vozeadas e não-vozeadas) e quanto ao ponto articulatório. A classificação referente ao ponto articulatório é de particular interesse deste estudo, essa está relacionada ao local de constrição dos articuladores, dividindo as consoantes oclusivas em: labiais (/p/ e /b/), alveolares (/t/ e /d/) e velares (/k/ e /g/) (Figura 6).

Figura 6 – Divisão das oclusivas de acordo com o ponto de articulação



Fonte: (RUSSO e BEHLAU, 1993, p. 40).

No caso das labiais, essas são produzidas com o fechamento dos lábios; as alveolares com a constrição da ponta da língua nos alvéolos e, as velares, com a constrição do dorso da língua com o véu palatino (LADEFOGED e MADDIESON, 1996).

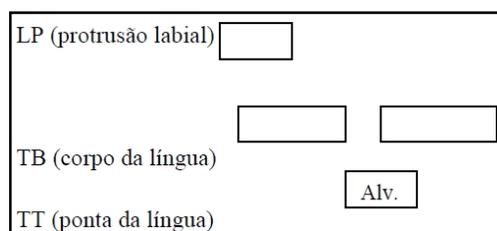
Os gestos articulatórios envolvidos na produção das oclusivas podem ser caracterizados à luz da Fonologia Gestual e de suas variáveis do trato (BROWMAN e GOLDSTEIN, 1992). As variáveis protrusão e abertura de lábios são particularmente importantes para classificar as oclusivas labiais, as variáveis grau e local de constrição de ponta de língua para as oclusivas alveolares e, as variáveis grau e local de constrição de dorso de língua para as oclusivas velares. Quanto ao grau de constrição, todas são classificadas como de grau fechado, fazendo referência ao modo de articulação dessas consoantes. Em relação à variável de abertura vélica, todas as oclusivas possuem a classificação fechada, uma vez que durante a produção dessa classe de sons a corrente aérea é conduzida apenas pela cavidade oral. No que se refere à abertura glótica, essa pode ser aberta, no caso de oclusivas não-vozeadas, ou fechada, no caso de oclusivas vozeadas.

Costa (2011) apresenta em seu trabalho uma possível pauta gestual para a palavra ['pata], a qual contém duas oclusivas não-vozeadas, /p/ e /t/ (Figura 7).

As oclusivas são segmentos consonantais adquiridos precocemente no sistema fônico das crianças, geralmente essas consoantes são observadas em torno dos dois anos de idade (FERRANTE, VAN BORSEL e PEREIRA, 2008; LAMPRECHT et al., 2004; MARQUES e LAZZAROTTO-VOLCÃO, 2015; RANGEL, 1998; TORETI e RIBAS, 2010; WIETHAN, 2015). Lamprecht et al. (2004) referem

que as oclusivas velares, também chamadas de dorsais, são as de aquisição mais tardia dentre todas as oclusivas.

Figura 7 – Pauta gestual referente à palavra [ˈpata]



Fonte: (COSTA, 2011, p. 105).

No que diz respeito às alterações de produção de segmentos oclusivos, uma pesquisa recente (BERTICELLI e MOTA, 2013) ao investigar os dados de 54 crianças com dificuldade de produção relacionada às oclusivas, constatou que as estratégias de reparo mais comumente empregadas nessa amostra foram a dessonorização (também chamada de desvozeamento ou ensurdecimento) e a anteriorização (substituições de /k/ e /g/ para [t] e [d], identificadas por meio de análise perceptivo auditiva). No estudo também é evidenciado por meio de seus resultados que o desvio fonológico grave apresenta maior porcentagem de emprego de estratégias de reparo para as oclusivas, do mesmo modo, as oclusivas velares, tidas como os segmentos mais complexos dentro dessa classe de sons, são as mais frequentemente afetadas pelo emprego de estratégias de reparo.

Portanto, com relação ao contraste alvo deste estudo (contraste entre oclusivas alveolares e velares), teorias fonológicas Lineares e Não-lineares interpretam as produções de /ˈkaza/ como [ˈtaza], como uma substituição categórica de /k/.

Todavia, estudos guiados pela Fonologia Gestual, que visaram analisar as substituições envolvendo o contraste fônico entre /t/ e /k/, por meio de investigações acústicas e articulatórias, puderam comprovar a existência de contrastes gradientes em alguns erros usualmente classificados como categóricos (BERTI, 2010a, 2010b, 2011, 2013a; BERTI e FERRERIA-GONÇALVES, 2012; BERTI e MARINO, 2011; GOLDSTEIN et al., 2007; POUPLIER e GOLDSTEIN, 2005; RINALDI, 2010).

Pouplier e Goldstein (2005), por exemplo, verificaram com o auxílio de *Electromagnetic Midsagittal Articulometer* (EMA), durante a produção do segmento /k/, perceptualmente identificado como [t], a ocorrência de um gesto de dorso de língua, tal como realizado na produção da oclusiva velar, porém, não resgatado por meio de análise perceptivo auditiva.

Esse fato ratifica a importância da adoção de metodologias instrumentais durante a análise dos contrastes dos sons da fala. Com isso, na sequência são expostas duas análises instrumentais de fala, acústica e articulatória (imagens de ultrassonografia do movimento de língua), também de interesse para esta pesquisa.

1.1.4 Métodos instrumentais de análise de fala

Como apresentado anteriormente na presente introdução, estados intermediários entre dois sons contrastantes passam a ser interpretados com o auxílio de um aparato tecnológico, como a análise acústica e a articulatória, desprendendo-se, assim, de uma interpretação predominantemente categórica (fonema alvo *versus* fonema substituto), guiada exclusivamente por meio de análise perceptivo auditiva.

Estudos mais recentes já vêm demonstrando, com o auxílio de ambas as análises citadas, a presença de um período de estabilização da produção em crianças com DTF, embora suas produções sejam julgadas como categóricas (BONATTO, 2007a, 2007b; CRISTOFOLINI, 2013; RINALDI, 2010) e, ainda, um período intermediário marcado por produções gradientes ou contrastes encobertos em crianças com alteração de fala (BERTI, 2005, 2006, 2010a, 2010b, 2013; BERTI e MARINO, 2008, 2011; BRESSMANN et al., 2011; BRASIL et al., 2010; BYUN, BUCHWALD e MIZOGUCHI, 2015; DIAS, 2009; FREITAS, 2007, 2012; LEVY, 1993; MAXWELL e WEISMER, 1982; McLEOD e ISAAC, 1995; MELO et al., 2016; PANHOCA, 1995; RINALDI, 2010; RODRIGUES et al., 2008; SCHLIEMANN, 2011; TYLER, EDWARDS e SAXMAN, 1990). Tanto antes da terapia fonoaudiológica, quanto durante a construção desse processo na terapia (FREITAS, 2007; GIACCHINI, MOTA e MEZZOMO, 2015; HODSON e JARDINE, 2009; RODRIGUES, 2007; TYLER, FIGURSKI e LANGSDALE, 1993).

Nota-se que um período de “refinamento articulatorio”, mesmo após a aquisição completa do sistema fônico, foi descrito até o momento por uma única autora (CRISTOFOLINI, 2013), com o uso da análise acústica. Por outro lado, estudos que analisaram a produção de fala de crianças com alterações, usando a ultrassonografia dos movimentos de língua, são escassos e com número reduzido de sujeitos, tanto a nível internacional e, principalmente, ao tratar de dados do PB (BARBERENA, KESKE-SOARES e BERTI, 2014; BERTI, 2010a, 2013; BERTI, BOER e BRESSMANN, 2016; MELO et al. 2016; SVICERO, 2012; WERTZNER, FRANCISCO e PAGAN-NEVES, 2014).

1.1.4.1 Análise acústica

A análise acústica por meio do estudo das propriedades físicas dos sons da fala (amplitude, duração, frequência fundamental, etc.), se mostra como um instrumento importante e indispensável tanto na área dos estudos linguísticos, como na prática clínica. Muitos autores constataram que a utilização desse tipo de análise, aliada à análise perceptivo auditiva, fornece descrições apuradas e fidedignas dos contrastes fônicos presentes na fala dos sujeitos (BERTI, 2005, 2010b, BERTI e MARINO, 2008; BONATTO, 2007a; BRASIL et al., 2010; DIAS, 2009; FREITAS, 2012; GIACCHINI, MOTA e MEZZOMO, 2015; LEVY, 1993; MARINO, BERTI e LIMA-GREGIO, 2013; MAXWELL e WEISMER, 1982; McLEOD e ISAAC, 1995; MELO et al., 2012a, 2012b; MEZZOMO, 2003; MIRANDA, 2001; PANHOCA, 1995; RINALDI, 2010; RODRIGUES et al., 2008; TYLER, EDWARDS e SAXMAN, 1990; WERTZNER, PAGAN-NEVES e CASTRO, 2007).

Além de ser um instrumento acessível e capaz de auxiliar na descrição dos parâmetros acústicos empregados durante a fala, as observações feitas através do espectrograma e da forma de onda auxiliam no diagnóstico, na escolha do método terapêutico e na investigação da efetividade da terapia. Em razão dos parâmetros acústicos medirem as mudanças nas produções que não são percebidas pelo ouvido humano, esses podem, ainda, auxiliar na decisão do término da intervenção terapêutica, quantificando os erros já supridos ou aqueles ainda presentes (McLEOD e ISAAC, 1995).

Alguns parâmetros acústicos são mencionados na literatura como responsáveis pelo estabelecimento do contraste fônico entre oclusivas alveolares e velares, contraste alvo da presente tese, entre eles:

- (i) O *Voice Onset Time* – VOT (CHO e LADEFOGED, 1999; CRISTOFOLINI, 2013; KIM e STOEL-GAMMON, 2009; RINALDI, 2010; MELO et al., 2012a; THEODORE, MILLER e DESTENO, 2009; TYLER, EDWARDS e SAXMAN, 1990);
- (ii) As características espectrais do *burst* – assimetria, centróide, curtose, variância e pico espectral (BERTI, 2010b, 2011; BERTI e MARINO, 2008, 2011; CRISTOFOLINI, 2013; MARINO, BERTI e LIMA-GREGIO, 2013; RINALDI, 2010);
- (iii) A transição formântica ou a transição consoante-vogal (CV) (BERTI, 2010b, 2011; BERTI e MARINO, 2008, 2011; DELATTRE, LIBERMAN e COOPER, 1955; MARINO, BERTI e LIMA-GREGIO, 2013; TYLER, FIGURSKI e LANGSDALE, 1993) e;
- (iv) As características temporais – medidas de duração relativa da oclusão e do *burst* (BERTI, 2010b, 2011; BERTI e MARINO, 2008, 2011; MARINO, BERTI e LIMA-GREGIO, 2013).

O Quadro 1 a seguir explica detalhadamente cada um desses parâmetros.

Quadro 1 – Parâmetros acústicos utilizados para a investigação do contraste entre oclusivas alveolares e velares

(Continua)

Parâmetro acústico	Descrição
<i>Voice onset time</i> (VOT)	Relação temporal entre a soltura da oclusão da oclusiva (evento supra-glótico) e o início da vibração das pregas vocais (evento glótico), ou seja, e o início do vozeamento que precede (VOT negativo), coincide (VOT nulo) ou sucede (VOT positivo) a soltura da articulação (LISKER e ABRAMSON, 1964).
Pico espectral do <i>burst</i>	Diz respeito à posição do pico de maior energia do espectro das frequências dadas pela <i>Fast Fourier Transform</i> (FFT) (BERTI, 2011).

(Continuação)

Parâmetro acústico	Descrição	
Quatro momentos espectrais do <i>burst</i>	Centróide	Os momentos espectrais referem-se a uma medida quantitativa baseada na análise estatística do espectro (FORREST et al., 1988). O centróide equivale à média ponderada da intensidade do conjunto de frequências dadas pela FFT (BERTI, 2011).
	Variância	A variância refere-se a uma medida da dispersão das frequências em relação à média (BERTI, 2006, 2011).
	Assimetria	A assimetria é um parâmetro que indica como é a distribuição das frequências em torno da média. Um valor de assimetria igual a zero indica que a distribuição das frequências em torno da média é simétrica. Um valor positivo sugere uma inclinação negativa, com concentração de energia em frequências mais baixas. Um valor negativo infere uma inclinação positiva e predominância de energia em frequências mais altas (BERTI, 2006, 2011).
	Curtose	Fornece informações acerca da distribuição das frequências no espectro. Uma curtose positiva evidencia picos relativamente altos e, quanto maior o valor da curtose, maior o número de picos na distribuição do espectro. Uma curtose negativa aponta que a distribuição apresenta picos mais achatados, pouco definidos (BERTI, 2006, 2011).

(Conclusão)

Parâmetro acústico	Descrição	
Transição consoante-vogal (CV)	Frequência de locus de F2	Refere-se à tendência de inclinação da trajetória formântica na transição do som investigado com a vogal que o segue. Poderá ser observada uma tendência de elevação ou declínio (BERTI, 2011).
Medida de duração relativa da oclusão e do <i>burst</i>	Outro parâmetro acústico temporal, referente à duração de parte da consoante (oclusão ou <i>burst</i>) em relação à duração total dessa mesma consoante (BERTI, 2011).	

Além da pesquisa do conjunto de parâmetros acústicos relevantes para a caracterização de um dado contraste, investigações guiadas pela análise acústica têm também apontado para a existência de hierarquias no emprego desses parâmetros. Melo et al. (2012b) forneceram evidências para essa discussão em relação ao contraste de vozeamento dos segmentos oclusivos. Berti (2011) apontou alguns parâmetros acústicos primários (a transição do segundo formante – F2, o pico espectral, a duração relativa do *burst* e da oclusão) e secundários (a curtose e a variância) para o estabelecimento do contraste entre /t/ e /k/.

Como exemplo do emprego de uma informação acústica na terapia fonoaudiológica, pode-se citar o trabalho de Giacchini, Mota e Mezzomo (2015). Com o auxílio da análise acústica, as autoras (GIACCHINI, MOTA e MEZZOMO, 2015) concluíram que as crianças que faziam uso da estratégia de alongamento compensatório durante a produção do *onset* complexo, obtiveram um melhor desempenho na aquisição dessa estrutura silábica quando submetidas à terapia com base fonética/articulatória.

Desse modo, tal achado pode remeter à contribuição de dados acústicos durante o delineamento do planejamento terapêutico. Além disso, é possível formular outras possíveis inferências, como por exemplo, a de que crianças com desvio fonológico, que já apresentam por meio dos parâmetros acústicos uma distinção de contraste de sons, poderiam estabilizar determinado contraste mais rapidamente do que àquelas que não apresentam a mesma distinção acústica.

Assim, esse tipo de análise também poderia oferecer subsídios para a definição do prognóstico da terapia de fala.

Com isso, sugere-se uma contribuição semelhante da análise articulatória para os estudos e clínica de fala, como a análise ultrassonográfica de língua descrita a seguir.

1.1.4.2 Ultrassonografia do movimento de língua

Conforme mencionado anteriormente, a análise acústica é um importante instrumento para a análise de fala, por meio do espectrograma é possível relacionar o sinal acústico ao movimento articulatorio de origem (BERTI, 2013a). Contudo, a análise articulatória possibilita a detecção direta do movimento dos articuladores durante a fala (GICK, 2002).

Algumas tecnologias empregadas para a coleta e análise articulatória são: a eletropalatografia (EPG); a articulometria eletromagnética (do Inglês, EMA); a imagem de ressonância magnética (do Inglês, MRI); a ultrassonografia; entre outras.

Wilson (2014) relata algumas dificuldades relacionadas a alguns desses equipamentos, por exemplo, no que se refere ao alto custo econômico da MRI; à periculosidade dos raios-X ou da tomografia computadorizada; ao desconforto ocasionado pela EMA ou devido à limitação dos dados ofertados pela EPG. No entanto, o mesmo autor (WILSON, 2014) destaca o uso do ultrassom para a investigação de fala, uma vez sendo um instrumento de menor valor econômico, seguro, de fácil configuração e uso e, além disso, capaz de fornecer imagens em tempo real de toda a língua durante a fala contínua.

Em outro trabalho também é citado que a observação do funcionamento da língua é difícil e praticamente inacessível para a maioria dos instrumentos, em função de que os mecanismos utilizados no interior da cavidade oral não devem ser afetados pela temperatura ou umidade, bem como, não devem perturbar o movimento da língua (STONE, 2005), situação evitada com o emprego da ultrassonografia.

Portanto, em função do custo-benefício das imagens de ultrassonografia de língua encontrado na literatura investigada, que esse aparato tecnológico foi selecionado como método de análise articulatória da presente tese.

Todavia, também se faz necessário apontar algumas limitações encontradas com a utilização do ultrassom durante as análises de fala, como em função da ultrassonografia não ofertar a visualização de um ponto fixo de referência e/ou dos articuladores passivos (exemplo: palato duro e véu palatino) (MIELKE et al. 2005; MILLER e FINCH, 2011), também, por conceder imagens de ponta e raiz de língua mais difíceis de serem visualizadas em comparação a imagens de dorso de língua (MILLER e FINCH, 2011).

Para a obtenção da imagem de ultrassom do movimento de língua faz-se necessário colocar um transdutor de ultrassom na região submandibular do falante. Então, o transdutor, por meio de sua propriedade piezoelétrica, emite ondas de alta frequência (acima da frequência audível para o ser humano, ou seja, acima de 20 KHz) que são propagadas para o interior da cavidade oral. Em razão da diferença de densidade entre língua *versus* ar e ar *versus* estruturas ósseas, as ondas são refletidas e captadas novamente pelo transdutor. Na sequência, o ponto de reflexão é calculado e a imagem da língua é gerada (BERTI, 2013b; KOCJANCIC, 2008; WILSON, 2014).

O ultrassom é utilizado para a investigação da fala desde a década de 60, porém, 50 anos depois que máquinas mais modernas (2D e 3D) possibilitaram uma melhor qualidade da imagem, assim como, uma visão mais completa de toda a superfície de língua (BERTI, 2013b; WILSON, 2014).

Dentre os segmentos fônicos já investigados com o auxílio da ultrassonografia, citam-se:

- (i) As vogais (SVICERO, 2012; WRENCH, CLELAND e SCOBBIIE, 2011);
- (ii) As oclusivas alveolares e velares (BERTI, 2013a; BRESSMANN et al., 2011; BYUN, BUCHWALD e MIZOGUCHI, 2015; CLELAND, SCOBBIIE e WRENCH, 2015; MELO et al., 2016);
- (iii) As fricativas /s/ e /ʃ/ (CLELAND, SCOBBIIE e WRENCH, 2015; ZHARKOVA, HEWLETT e HARCATTLE, 2011; 2012; ZHARKOVA et al., 2014; WERTZNER, FRANCISCO e PAGAN-NEVES, 2014);
- (iv) As líquidas /r/ e /l/ (BARBERENA, KESKE-SOARES e BERTI, 2014; BERTI, 2010a; CAMPBELL et al., 2010; CLELAND, SCOBBIIE e WRENCH, 2015; KLEIN et al., 2013; WRENCH e SCOBBIIE, 2003) e a variável retroflexa /ɻ/ (KLEIN et al., 2013; MODHA et al., 2008).

A análise das imagens de ultrassonografia de língua tem sido empregada tanto para a pesquisa dos contrastes fônicos durante a produção padrão da língua, como durante o desenvolvimento de fala típico e alterado.

Zharkova, Hewlett e Harcastle (2011), por exemplo, fizeram uso das imagens de ultrassom a fim de comparar as propriedades coarticulatórias de língua de crianças e de adultos (ambos sem alteração de fala), durante a produção de /ʃ/ nos contextos de /a/, /i/ e /u/. Dentre os principais achados utilizando medidas articulatórias derivadas de imagens de ultrassonografia, os autores destacaram que para ambos os grupos os pares de vogal /a/ – /i/ e /a/ – /u/ afetaram significativamente a consoante, diferentemente do par /i/ – /u/, ou seja, as crianças apresentaram efeitos de coarticulação nos mesmos contextos vocálicos de adultos. Porém, observaram maior extensão da coarticulação e variabilidade dos dados no grupo de crianças.

Outro estudo (BYUN, BUCHWALD e MIZOGUCHI, 2015) explorou a aplicabilidade das imagens de ultrassom como um instrumento para detectar contrastes encobertos, perceptualmente neutralizados, durante a produção de oclusivas alveolares e velares. Resumidamente, com relação aos resultados da ultrassonografia, relataram que a medida utilizada (índice de excursão do dorso de língua) foi eficiente em revelar diferenças significantes entre os alvos alveolares e velares, particularmente quando esses segmentos também eram distintos auditivamente. Porém, o mesmo não foi observado para uma criança com anteriorização de velar. Com isso, os autores sugeriram a continuidade das investigações, com o objetivo de pesquisar medidas sensíveis para a detecção dos contrastes encobertos durante a produção atípica de um dado contraste.

Apesar do crescente aumento de pesquisas voltadas para a análise de fala com o auxílio da ultrassonografia de língua, especialmente nos últimos quatro anos, para o PB ainda há um número limitado de estudos (BARBERENA, KESKE-SOARES e BERTI, 2014; BERTI, 2010a, 2013a; BERTI, BOER e BRESSMANN, 2016; MELO et al., 2016; SVICERO, 2012; WERTZNER, FRANCISCO e PAGAN-NEVES, 2014). Essa expansão no meio científico, nacional e internacional, está diretamente relacionada ao interesse de pesquisadores e clínicos em adotar metodologias instrumentais, também no meio terapêutico, como na terapia de fala com o auxílio do *feedback* visual dos órgãos fonoarticulatórios.

1.1.5 *Feedback* visual na terapia de fala

A utilização de um aparato tecnológico na terapia fonoaudiológica é uma estratégia terapêutica inovadora a ser aplicada no atendimento de crianças com diagnóstico de desvio fonológico no Brasil. Em outras línguas, o *feedback* visual apresenta resultados favoráveis no ensino de uma segunda língua (WILSON e GICK, 2006) e, também, no atendimento as mais variadas manifestações de desordens de fala (ADLER-BOCK et al., 2007; BACSFALVI e BERNHARDT, 2011; BERNHARDT et al., 2003, 2005, 2008; BYUN e HITCHCOK, 2012; BYUN, HITCHCOK e SWARTZ, 2014; CLELAND, SCOBIE e WRENCH, 2015; HITCHCOCK e BYUN, 2015; LIPETZ e BERNHARDT, 2013; MODHA et al., 2008; PRESTON, BRICK e LANDI, 2013; PRESTON et al., 2014, 2015).

Especificamente em relação à terapia amparada pelas imagens de ultrassonografia de língua, esse tipo de *feedback* visual é citado nos últimos 13 anos, sendo, portanto, um instrumento recente mesmo na literatura internacional. O estudo precursor (BERNHARDT et al., 2003) voltado para investigação da terapia de fala de deficientes auditivos, chama a atenção para mais uma possibilidade de aplicação da ultrassonografia.

Em prol do emprego do *feedback* visual para a estabilização de novos contrastes fônicos, Gibbon e Paterson (2006) sugerem que o principal benefício desse recurso terapêutico ocorra nas fases iniciais do tratamento. O retorno visual com a utilização de um instrumento de imagem parece servir como um suporte, ou auxílio, para a conscientização de sua própria alteração de fala e, conseqüentemente, para a reorganização gestual e estabilização de novos contrastes de sons.

Outros autores enfatizam ainda que, embora as imagens de ultrassom não sejam essenciais para a superação da dificuldade relacionada à produção dos segmentos fônicos, o seu emprego propicia rápidas evoluções na fala e, com isso, gera motivação para o paciente em relação à terapia, além de uma produção consistente do segmento em diferentes contextos (BERNHART et al., 2008). Além disso, o acesso visual e em tempo real dos movimentos da superfície de língua facilitam a compreensão das pistas articulatórias orientadas pelo terapeuta (PRESTON et al., 2014).

Em função dessas e outras contribuições do *feedback* visual, que esse recurso terapêutico tem sido utilizado no atendimento de pacientes com deficiência auditiva (BACSFALVI e BERNHARDT, 2011; BERNHART et al., 2003), erros residuais de fala (ADLER-BOCK et al., 2007; MODHA et al., 2008; BERNHARDT et al., 2008; PRESTON et al., 2014; HITCHCOCK e BYUN, 2015), apraxia de fala (PRESTON, BRICK e LANDI, 2013; PRESTON et al., 2015), ceceo anterior (LIPETZ e BERNHARDT, 2013), entre outros.

No caso do atendimento para a superação da dificuldade de produção do contraste alveolar *versus* velar (perceptualmente neutralizado), os achados de uma pesquisa (CLELAND, SCOBIE e WRENCH, 2015) mostram, de modo geral, a evidência de que o *feedback* visual do ultrassom é altamente eficaz para a superação das desordens dos sons da fala, principalmente àquelas que não apresentaram progressos com terapias anteriores, como os casos com anteriorização de oclusivas velares.

Alguns aspectos observados com a pesquisa bibliográfica se mostraram como fatores desafiadores e motivadores da utilização do *feedback* visual na presente tese. Como o fato de grande parte dos estudos encontrados apresentar ampla variabilidade metodológica (relacionada ao tempo e à forma de utilização do *feedback* visual, por exemplo), inclusive, com explicações pouco aprofundadas, além de análises sucintas dos dados pós-terapia (a extensa maioria dos dados se refere a descrições de análise perceptivo auditiva da produção dos contrastes-alvo e não de análises voltadas para investigação das próprias imagens ofertadas pelo *feedback*).

Além disso, a ausência de trabalhos no âmbito nacional, que abordem o *feedback* visual como uma possibilidade de intervenção fonoaudiológica no atendimento a crianças com diagnóstico de desvio fonológico, também estimulou a sua investigação neste estudo.

A partir do exposto são apresentadas as hipóteses e os objetivos deste trabalho de Doutorado.

1.2 HIPÓTESES

À luz da perspectiva teórica da Fonologia Gestual, a qual permite apreender tanto estados categóricos quanto gradientes, foram formuladas três hipóteses de pesquisa:

- (i) Comparando-se a produção da fala de adultos e crianças típicas, espera-se encontrar diferenças que indiciam um período de estabilização na produção do contraste entre oclusivas alveolares e velares na fala de crianças com DTF. Esse período de refinamento dos gestos articulatórios poderia ser apreendido tanto com o uso da análise acústica, quanto com o uso da análise articulatória, a saber, a análise ultrassonográfica de língua;
- (ii) Ao comparar a produção da fala de crianças com DTF e com desvios e ao considerar o processo de construção do sistema de sons da língua de crianças com alterações de fala, espera-se identificar produções intermediárias entre as categorias fônicas. Da mesma forma, essas produções intermediárias e “encobertas” poderiam ser apreendidas por ambas as metodologias de análise (análise acústica e análise das imagens de ultrassonografia de língua);
- (iii) Finalmente, no que se refere à expectativa em relação à terapia de fala dos casos desviantes, espera-se que o *feedback* visual das imagens de ultrassonografia, em conjunto com um tratamento embasado pelos princípios da Fonologia Gestual, auxiliem na aquisição dos gestos articulatórios de oclusivas velares. Ainda, que esse *feedback* visual proporcione uma aquisição mais rápida ou com maior evidência de produção correta dos alvos em comparação a terapia que não tenha o utilizado. Por fim, a hipótese três também prevê que as avaliações e reavaliações guiadas pelas imagens de ultrassonografia de língua sejam mais sensíveis no registro da emergência de um novo padrão fônico em comparação à análise perceptivo auditiva.

1.3 OBJETIVO GERAL

Pesquisar indícios de um refinamento articulatorio durante o DTF e, examinar a presença de contrastes fônicos em construção (contrastos encobertos) na fala de crianças com desvio fonológico. Para tanto, se constou com a contribuição do viés teórico da Fonologia Gestual e de análises instrumentais da fala, como as análises acústica e a articulatória (ultrassonografia de língua).

1.4 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- (i) Conceder uma caracterização acústica e articulatória da fala de sujeitos adultos, falantes nativos, representantes da produção padrão do PB;
- (ii) Mostrar a contribuição de parâmetros das análises acústica e articulatória na captura de um período de refinamento articulatorio durante a produção de crianças com DTF, ainda que suas produções sejam julgadas como categóricas;
- (iii) Fornecer subsídios das análises acústica e articulatória para a discussão da presença de um conhecimento produtivo (contrastos encobertos) acerca dos contrastes da língua, na fala de crianças com diagnóstico de desvio fonológico;
- (iv) Explorar a aplicabilidade das imagens de ultrassonografia de língua, seja como recurso terapêutico de *feedback* visual ou como registros das evoluções da fala, no transcorrer da terapia para a aquisição de consoantes oclusivas velares.

A fim de corroborar (ou não) as hipóteses expostas anteriormente, foram delineados três diferentes estudos (tese em modelo de artigos científicos integrados), os quais serão apresentados nos capítulos que seguem.

O estudo 1 (Capítulo 2), tem como objetivo geral: “Investigar o DTF e, ofertar uma caracterização acústica e articulatória do contraste entre oclusivas alveolares e velares do PB”.

O estudo 2 (Capítulo 3) objetivou “Pesquisar o DTF e com desvio fonológico, a partir da investigação acústica e articulatória do contraste alveolar *versus* velar”.

Finalmente, no estudo 3 (Capítulo 4) se pretendeu “Investigar a aplicabilidade e a eficácia do *feedback* visual da ultrassonografia, bem como, da análise articulatória, durante a terapia dos desvios fonológicos”.

Os capítulos seguintes, Capítulo 4 e 5, respectivamente são compostos pela discussão e conclusão geral desta tese. Na sequência, são listadas as referências bibliográficas e alguns anexos/apêndices. Salienta-se que o conteúdo dos anexos e apêndices não foi inserido nas seções dos artigos em função dos periódicos não preverem em suas normas. No entanto, acredita-se ser importante a sua inclusão neste trabalho, em virtude de contemplarem alguns dos aspectos éticos exigidos pelo Comitê de Ética em Pesquisa (CEP), assim como, por fornecerem informações relevantes sobre a coleta de dados.

2 ARTIGO DE PESQUISA 1

O contraste entre oclusivas alveolares e velares em dados típicos de fala: análises acústica e ultrassonográfica

The contrast between alveolar and velar stops with typical speech data: acoustic and articulatory analyses

RESUMO

Objetivo: Investigar a produção do contraste entre oclusivas alveolares e velares em dados de falantes com aquisição típica de fala, por meio de parâmetros acústicos e articulatórios. **Métodos:** A amostra consistiu de 20 adultos e 15 crianças com desenvolvimento típico de fala. O *corpus* analisado no presente estudo foi composto por cinco repetições de cada palavra-alvo (/ˈkapə/, /ˈtapə/, /ˈgalə/ e /ˈdarə/). Essas palavras foram inseridas em frase-veículo e o sujeito foi instruído a nomeá-las espontaneamente. Foi realizada a gravação simultânea de áudio e vídeo (imagens de ultrassom de língua). Os dados passaram por análise acústica (*voice onset time*; pico espectral e momentos espectrais do *burst*; transição consoante/vogal e medidas de duração relativa) e articulatória (proporção de eixos significantes da região anterior e posterior de língua e descrição das curvas de língua). **Resultados:** Os parâmetros acústicos e articulatórios investigados foram sensíveis em marcar o contraste entre oclusivas alveolares e velares, principalmente no grupo de adultos. Ambas as análises de fala sinalizaram também algumas diferenças estatisticamente significantes entre os dois grupos da pesquisa. **Conclusão:** Os parâmetros acústicos e articulatórios investigados forneceram indícios para a caracterização do contraste fônico alvo do estudo. Dentre as principais contribuições da comparação da fala adulta e infantil foi a evidência de um período de refinamento/amadurecimento articulatório, mesmo após a aquisição dos segmentos oclusivos.

DESCRITORES: Fala; Ultrassonografia; Acústica da Fala; Adulto; Criança

ABSTRACT

Purpose: To investigate the production of the contrast between alveolar and velar stops with typical speech data, through acoustic and articulatory parameters.

Methods: The sample consisted of 20 adults and 15 children with typical speech development. The analyzed corpus was organized through five repetitions of each target-word (/ˈkapə/, /ˈtapə/, /ˈgalo/ e /ˈdarə/). These words were inserted in carrier phrase and the participant was asked to name them spontaneously. It was performed audio and video simultaneous recordings (tongue ultrasound images). The data were submitted to acoustic analyzes (voice onset time; spectral peak and burst spectral moments; vowel/consonant transition and relative duration measures) and articulatory (proportion of significant axes of the tongue anterior and posterior region and description of tongue curves). **Results:** The investigation acoustic and articulatory parameters were sensitive to mark the contrast between alveolar and velar stops, mainly in the adult group. Both speech analyzes also signaled some statistically significant differences between both researched groups. **Conclusion:** The investigation acoustic and articulatory parameters provided signals to characterize the phonic contrast of speech on this study. Among the main contributions to the comparison between adults' and children's speech, there was the evidence of an articulatory refinement/maturation even after the stops segments acquisition.

KEYWORDS: Speech; Ultrasonography; Speech Acoustics; Adult; Child

INTRODUÇÃO

Os segmentos oclusivos compõem o sistema fônico do Português Brasileiro (PB). Esses sons podem ser categorizados quanto ao contraste de vozeamento (vozeadas ou não vozeadas, conforme o fechamento ou a abertura do gesto glótico), grau de constrição (grau fechado, característico dos gestos articulatorios dos sons oclusivos do PB) e, também, quanto ao local da constrição dos gestos articulatorios (lábiais /p/ e /b/, alveolares /t/ e /d/ e velares /k/ e /g/)⁽¹⁾.

Quanto ao modo de articulação, para a produção das oclusivas os articuladores formam uma completa obstrução à passagem aérea, tendo como registro acústico um intervalo de silêncio. Acusticamente, tal intervalo pode ser preenchido, ou não, por uma barra de sonoridade originada pela vibração das pregas vocais. O correlato acústico-articulatorio seguinte corresponde a uma brusca soltura da oclusão do trato vocal, marcada pela presença do *burst*⁽²⁾.

A aquisição dessa classe de sons ocorre precocemente no desenvolvimento infantil, em torno dos dois anos de idade. As oclusivas velares, dentre todas as oclusivas, são as de aquisição mais tardia no sistema da criança⁽³⁾.

Uma pesquisa⁽⁴⁾ com crianças com desenvolvimento típico de fala (DTF), falantes do PB e na faixa etária de seis a doze anos, revelou com o estudo acústico de oclusivas e fricativas, a existência de um período de “refinamento articulatorio”, ou seja, mesmo após o “término” da aquisição fonológica, parece ocorrer um aprimoramento das habilidades motoras de produção de fala, período em que os gestos articulatorios tornam-se, gradativamente, mais estáveis, em sua organização temporal e/ou em sua magnitude. Portanto, a estabilização da produção dos sons oclusivos parece não ocorrer concomitantemente a sua aquisição, os gestos

articulatórios envolvidos para a sua produção apresentam indícios de um *continuum* no desenvolvimento da fala, provavelmente relacionado a uma fase de maturação neuromotora.

A noção de estados gradientes durante o processo de aquisição do sistema fônico está relacionada com a perspectiva teórica da Fonologia Gestual^(5,6). Essa teoria trata os eventos de fala como uma tarefa dinâmica e os sons passam a ser interpretados por meio de gestos articulatórios. Os gestos não se referem apenas a unidades de ação articulatória, mas também fazem referência a unidades básicas do contraste dentre os itens lexicais. O movimento das variáveis do trato e não o movimento de articuladores individuais é caracterizado dinamicamente. Para tanto, as variáveis do trato citadas na Fonologia Gestual são: protrusão labial; abertura labial; local de constrição da ponta de língua; grau de constrição da ponta de língua; local de constrição do corpo de língua; grau de constrição do corpo de língua; abertura vélica e abertura glotal⁽⁵⁾.

A coordenação entre os gestos articulatórios é representada em uma estrutura chamada pauta gestual (um exemplo de pauta gestual é apresentado na Figura 1⁽⁷⁾). Essa apresenta as variáveis do trato previstas na teoria (local e grau de constrição dos gestos articulatórios), além dos parâmetros dinâmicos de duração (a extensão horizontal é o intervalo de ativação do gesto no tempo), de magnitude (no eixo vertical) e de sobreposição gestual⁽⁸⁾.

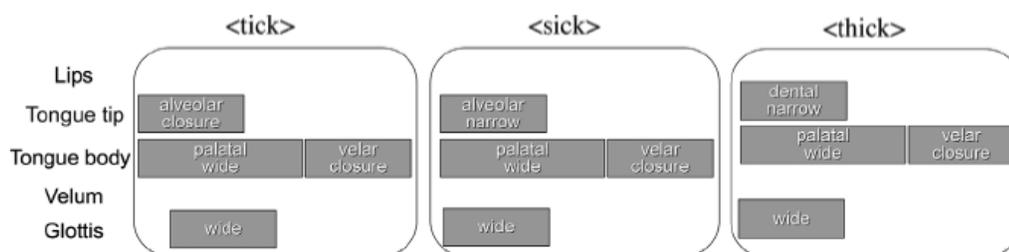


Figura 1: Exemplo de pauta gestual para as palavras do Inglês – “tick”, “sick” e “thick” (7)

Com base nos gestos articulatórios descritos em uma pauta gestual é possível definir as variáveis do trato para a oclusiva [k], por exemplo. Nesse caso deve observada a presença de dois gestos articulatórios, um pertencente ao subsistema oral e o outro ao subsistema laríngeo. Também são fornecidas as informações de local (região velar) e de grau de constrição do dorso de língua (grau fechado), bem como, de grau de constrição da glote (grau aberto, característico de sons não-vozeados).

A teoria preconiza a adoção de análises instrumentais para a investigação das variáveis de trato dos contrastes fônicos. Quanto às oclusivas, segmentos alvo do presente estudo, essas vêm sendo investigadas por meio de parâmetros acústicos^(4,9-18) e, em menor número, por parâmetros articulatórios, como os parâmetros obtidos por meio de imagens de ultrassonografia do movimento de língua, entre outros⁽¹⁸⁻²⁶⁾.

Alguns parâmetros acústicos são citados como responsáveis pela caracterização do contraste fônico entre os segmentos alveolares *versus* velares, entre eles:

(i) O *voice onset time* (VOT)^(4,10-13,15,18),

(ii) As características espectrais do *burst*: assimetria, centróide, curtose, variância e pico espectral^(4,13,14,16,18);

(iii) A transição formântica^(9,14,16), e;

(iv) As características temporais: medidas da duração (absoluta e relativa) da closura e do *burst*^(14,16).

No que se refere à imagem de ultrassom de língua durante a produção de /t/, /d/, /k/ e /g/, em razão de ser uma técnica ainda pouco explorada no meio científico, não há um consenso na literatura acerca da metodologia de coleta dos dados, tampouco, sobre o tipo de medidas articulatórias a serem adotadas. Até o momento, as consoantes oclusivas foram descritas quanto às constrições das curvas de línguas durante a produção das diferentes oclusivas^(21,24,26) e, também, em relação a complexos parâmetros articulatórios^(18,23,27), como por exemplo, o índice de excursão do dorso de língua^(23,27).

Para o PB, língua-alvo deste estudo, a ultrassonografia de língua ainda carece de maiores investigações, até o momento esse instrumento de análise de fala foi utilizado para a pesquisa de consoantes líquidas /r/⁽²⁸⁾, oclusivas⁽²⁴⁾ e fricativas⁽²⁹⁾. Todos esses trabalhos basearam-se unicamente na descrição das curvas de língua durante a produção de cada segmento fônico.

A partir do exposto, a presente pesquisa tem o intuito de investigar o DTF e, ofertar uma caracterização acústica e articulatória do contraste entre oclusivas alveolares e velares do PB. Para tanto, foram formuladas as seguintes hipóteses de pesquisa:

(i) Ao comparar os dados acústicos das oclusivas, tanto na fala adulta, como na fala de crianças com DTF, espera-se corroborar a outras pesquisas^(4,9-18) no que se refere à caracterização do contraste alveolar *versus* velar;

(ii) Ao comparar os dados articulatórios das oclusivas, também na fala adulta e na fala de crianças com DTF, espera-se encontrar particularidades referentes à produção de constrictões alveolares e velares;

(iii) Ao comparar as produções de adultos e de crianças com DTF, espera-se observar diferenças entre eles quanto ao emprego de parâmetros acústicos e articulatórios e, com isso, acredita-se constatar a presença de indícios de um período de estabilização na fala infantil, resgatado por meio de ambos os instrumentos de análise de fala (análise acústica e articulatória).

Desse modo, este artigo tem como objetivos:

(i) Comparar os parâmetros acústicos de oclusivas alveolares *versus* velares, no grupo de adultos e no grupo de crianças com DTF (VOT; pico espectral e momentos espectrais relativos ao *burst* – centróide, variância, assimetria e curtose; transição consoante/vogal – CV e; medidas de duração relativa – da oclusão e do *burst*);

(ii) Comparar os parâmetros articulatórios de oclusivas alveolares *versus* velares, também, nos dois grupos do estudo (proporção de eixos significantes da região anterior e posterior de língua e descrição das curvas de língua) e;

(iii) Comparar os dados (parâmetros acústicos e articulatórios) de adultos e de crianças com DTF.

MÉTODOS

Este é um estudo transversal, quantitativo/descritivo, realizado no Centro de Estudos de Linguagem e Fala (CELF) de uma Instituição de Ensino Superior (IES) do país.

Os dados apresentados pertencem a um projeto de pesquisa aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da IES em que foi desenvolvido, sob o registro 14973013.8.0000.5346. Todos os sujeitos incluídos nesta pesquisa assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, ou tiveram o termo assinado por seus responsáveis, no caso de crianças, autorizando a coleta e a utilização dos dados para realização de pesquisas científicas. Além disso, também foi respeitado o assentimento da criança acerca da sua participação no estudo.

A amostra do estudo foi constituída por:

(i) 20 sujeitos adultos, dez do sexo feminino e dez do sexo masculino, com idades entre 19 e 38 anos ($M= 24$ anos; $DP= 5,9$ anos – coleta de análise acústica e; $M= 24$ anos; $DP= 6,1$ anos – coleta de análise articulatória). Três sujeitos do sexo feminino, incluídos na amostra submetida à análise acústica, tiveram de ser excluídos da análise articulatória, em razão de apresentarem imagem de baixa qualidade durante a produção de oclusivas velares em seu ponto de máxima elevação de língua. Para tanto, foram incluídos três novos sujeitos, do mesmo sexo e idades semelhantes, para o experimento com o ultrassom;

(ii) 15 crianças com DTF, seis do sexo feminino e nove do sexo masculino, com idades entre quatro anos e sete meses e sete anos e cinco meses ($M= 5,7$ anos; $DP= 10,9$ meses);

A seleção da amostra foi composta por uma entrevista inicial e uma triagem fonoaudiológica (avaliações miofuncional orofacial, de linguagem, voz e triagem auditiva).

Foram considerados os seguintes critérios para a inclusão dos sujeitos: (i) apresentar estabilização na produção de todos os contrastes fônicos do PB, ou seja, não apresentar omissões e/ou substituições de segmentos identificadas por meio de

análise perceptivo auditiva; (ii) ter idade entre 19 e 44 anos para o grupo de adultos e, entre quatro e oito anos para o grupo de crianças com DTF; (iii) não ter realizado ou estar realizando qualquer tipo de terapia fonoaudiológica e; (iv) ser falante monolíngue do PB.

Os critérios de exclusão adotados foram: (i) a presença de alterações vocais, auditivas e/ou de linguagem; (ii) prejuízos evidentes nos aspectos neurológico, cognitivo, psicológico e/ou emocional; (iii) alterações de origem miofuncional orofacial que justificassem alguma interferência na produção correta dos sons da fala e; (iv) ser fonoaudiólogo ou estar cursando o curso de Fonoaudiologia a partir do quarto semestre da graduação, ou seja, não ter iniciado os estágios clínicos.

Para o procedimento de gravação dos dados foram empregados os seguintes equipamentos: microfone unidirecional (*Shure – SM48*); pedestal; transdutor endocavitário (*65C10EA – 5 MHz*) acoplado a um 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*).

O *corpus* utilizado em ambas as análises foi composto por quatro palavras do PB, todas dissílabas, paroxítonas, com as consoantes oclusivas em *onset* inicial e no contexto vocálico de /a/ (*/'kapə/, /'tapə/, /'galə/ e /'darə/*). Essas palavras foram extraídas ou embasadas pelos critérios de seleção de palavras apresentados no Instrumento de Avaliação de Fala para Análise Acústica (IAFAC)⁽³⁰⁾.

As palavras-alvo foram representadas por figuras e apresentadas por meio da tela do computador para a nomeação. Para facilitar a nomeação e se certificar que o sujeito identificava as palavras-alvo, anteriormente ao início da coleta era

apresentada a figura para o seu reconhecimento. Posteriormente o sujeito foi instruído a incluir a palavra-alvo na frase-veículo “Fala ____ de novo”, sendo cada frase repetida seis vezes.

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 auxiliar na aquisição das imagens com o ultrassom foi utilizado um gel para o contato do transdutor com a pele dos sujeitos. Os sujeitos foram orientados a nomear as figuras em padrão vocal habitual (intensidade, frequência e velocidade). Quando crianças eram avaliadas, a gravação foi supervisionada por uma das pesquisadoras, primeira autora deste artigo, que também permaneceu no interior da cabine. O tempo de coleta variou de 15 a 20 minutos, sendo realizada em uma única sessão.

Para o presente trabalho foram consideradas três repetições da palavra-alvo para o estudo acústico (4 palavras x 3 repetições x 35 sujeitos = 420 segmentos oclusivos analisados) e cinco repetições para o estudo articulatório (4 palavras x 5 repetições x 35 sujeitos = 700 segmentos oclusivos analisados).

Algumas produções das palavras-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/ou registro acústico indiferenciado do *burst*. Em virtude da exclusão de alguns segmentos e do design estatístico selecionado, foi necessário selecionar o mesmo número de repetições das oclusivas entre os parâmetros acústicos e entre os grupos. Portanto, 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, sendo excluídos os dados em que a obtenção da imagem de língua no

ponto de máxima constrição estivesse prejudicada e, também, em que tenha ocorrido 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.

A captação de áudio e de 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* (*software* livre, disponível para *download* em <http://www.praat.org>).

Com a análise acústica, os sons-alvo foram analisados por meio dos seguintes parâmetros: VOT; pico espectral e momentos espectrais relativos ao *burst* (centróide, variância, assimetria e curtose); transição CV e medidas de duração relativa da oclusão e do *burst* em relação à duração total do segmento. A extração desses parâmetros foi realizada manualmente e seguiu os procedimentos já descritos em outros trabalhos científicos^(4,14-16), como descrito a seguir:

(i) VOT (em milissegundo - ms): os valores de VOT das oclusivas surdas foram extraídos do espectrograma com base na medida de duração compreendida entre a plosão e o primeiro pulso regular da vogal seguinte. Para as oclusivas sonoras foi coletada a medida compreendida entre o início da barra de sonoridade da consoante analisada (na grande maioria das vezes coincidente com o término do último pulso regular da vogal anterior) e o registro da plosão ou, o final da barra de sonoridade (nas produções em que a barra de sonoridade não preenchia todo o momento da oclusão);

(ii) Pico espectral do *burst*: refere-se à posição do pico de maior energia do espectro das frequências dadas pela *Fast Fourier Transform* (FFT – gráfico resultante da decomposição de sons complexos em um conjunto de senóides de diferentes amplitudes e frequências). No caso dos sons oclusivos, alvos do presente estudo, a FFT foi calculada para o intervalo entre a plosão e o início da vogal, após foi extraído manualmente o valor do maior pico espectral;

(iii) Quatro momentos espectrais: do mesmo modo, para a obtenção dos valores dos quatro momentos espectrais primeiramente foi obtida a FFT dos sons investigados, também calculada a partir do intervalo entre a plosão e o início da vogal. Na sequência, foram extraídos automaticamente os valores dos quatro momentos espectrais por meio dos comandos do *software Praat*;

O centróide (primeiro momento da distribuição espectral) é obtido por meio do cálculo da média ponderada da intensidade dos componentes de frequência da FFT, que apontam para um centro de gravidade. A variância corresponde ao quadrado do desvio padrão e descreve a variabilidade da distribuição em relação à média. Quanto à assimetria, essa é uma medida que descreve a inclinação na distribuição de frequências (se nula, positiva ou negativa). Por fim, com referência ao quarto momento espectral, a curtose, diz respeito a um indicador do maior ou menor achatamento da distribuição, podendo apresentar valores positivos (corresponde a picos relativamente altos no espectro) ou negativos (picos achatados ou pouco definidos).

(iv) Transição CV: analisada por meio da frequência de locus do segundo formante (F2). Esse parâmetro acústico refere-se à tendência de inclinação (elevação ou declínio) da trajetória formântica na transição do som investigado com a vogal que o

segue. Desta maneira, foram extraídos manualmente os valores da frequência de lócus de F2 no instante de transição CV;

(v) Valores de duração relativa da oclusão e do *burst*: foi realizado o cálculo da duração relativa da oclusão e do *burst* em relação à duração total das consoantes investigadas. Portanto, esses valores foram obtidos a partir da divisão do valor de duração absoluta das partes dos segmentos oclusivos (oclusão ou *burst*) pela duração absoluta das consoantes oclusivas investigadas.

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, guiou-se pelo registro acústico relativo ao final da segunda vogal da palavra “Fala” (último ciclo regular da vogal), até o início da vogal seguinte à consoante oclusiva a ser analisada. Posteriormente foi realizado um traçado (*spline*) sobre a superfície da língua (em corte sagital), no instante correspondente ao ponto de máxima elevação da língua⁽³¹⁾ durante a produção da oclusiva. Destaca-se que a sincronização de áudio e vídeo foi realizada por meio da unidade *SyncBrightUp* e a seleção do *frame* de máxima elevação da língua foi realizada com a inspeção visual do trecho de vídeo selecionado para cada consoante.

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 é desenhado com base nesses 42 pontos, da mesma forma são ofertados dois desvios padrão. Posteriormente, foram comparadas duas *splines* média para cada um dos contrastes investigados ([t] x [k], [t] x [g], [d] x [k] e

[d] x [g]), para isso foi aplicado um *Teste t* para cada eixo da *fan*, recurso também oferecido pelo *software*, com $p < 5\%$.

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 eixo excedente foi contabilizado como pertencente à região anterior. Assim, com a determinação do número total de eixos 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, portanto, aos eixos em que as duas curvas médias de língua (oclusiva alveolar x oclusiva velar) mostravam diferenças estatisticamente significantes entre elas.

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 procedido do mesmo modo para a região posterior de língua.

O cálculo da proporção de eixos significantes para cada uma das duas regiões foi realizado para cada sujeito do estudo. Posteriormente, esses valores foram submetidos ao tratamento estatístico dos dados, como descrito adiante.

A Figura 2 ilustra a janela do *software* com a comparação estatística entre duas *splines* média de língua e com a divisão das regiões anterior e posterior de língua.

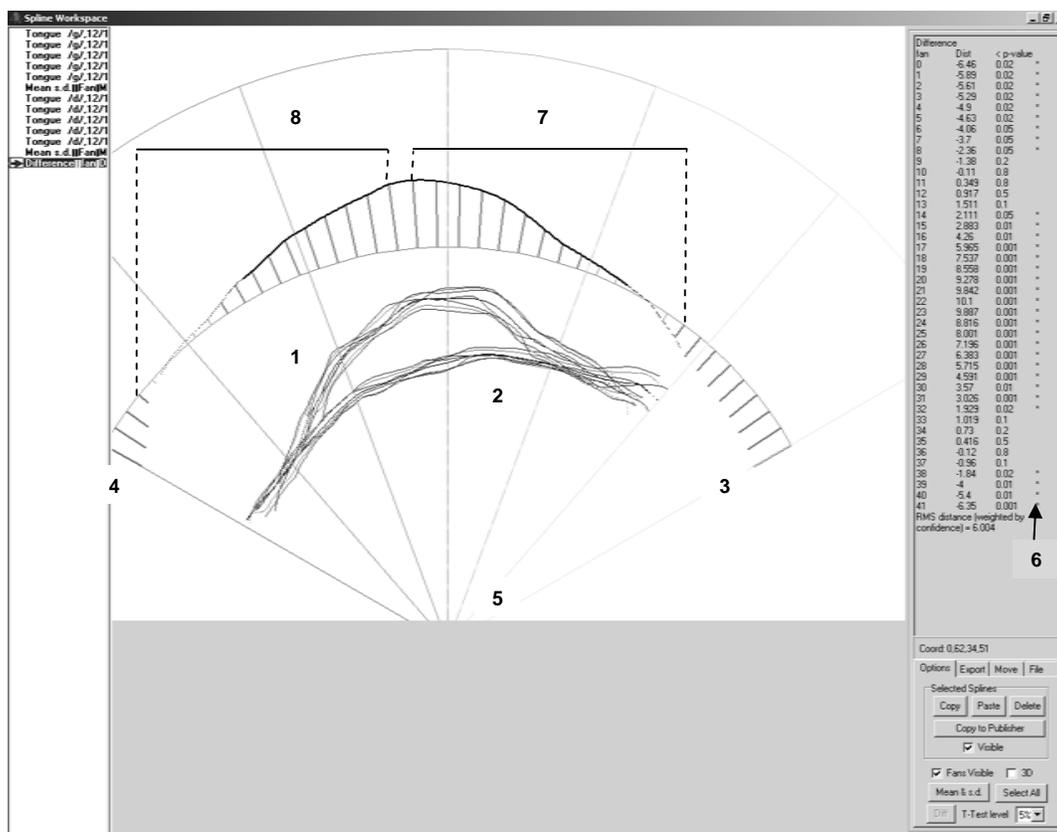


Figura 2: Janela do Software Articulate Assistant Advanced (AAA)

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.

Em relação ao tratamento estatístico dos dados, o método estatístico adotado para a análise dos dados acústicos foi conduzido a partir de uma série de ANOVA de Medidas Repetidas para cada um dos parâmetros acústicos adotados. O fator intra-grupo considerado foram as quatro consoantes e as três repetições e, o fator inter-grupo, o período de desenvolvimento da fala dos sujeitos (adultos e crianças com DTF). O teste *post hoc* utilizado foi o *Teste de Bonferroni*. Os valores de p considerados significantes foram de $p < 0,05$.

Para o tratamento das medidas obtidas com as imagens de ultrassom, inicialmente foi empregado o *Teste de Normalidade Kolmogorov-Smirnov* e a distribuição foi considerada normal se $p > 0,05$. 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 de distribuição não normal. Para realizar a comparação entre os grupos com relação às variáveis estudadas, foi empregado o *Teste de Mann-Whitney*, uma vez que essas variáveis demonstraram-se não normais. Para essas análises os valores de p considerados significantes também foram de $p < 0,05$.

Os dados foram processados e analisados de forma eletrônica a partir da construção de um banco de dados (*Excel® 2007*) e de dois programas de análises, o *Software Statistica 7.0* (para a análise dos dados acústicos) e o *Software Statistical Package for Social Science 15.0 – SPSS* (para a análise dos dados articulatórios).

Por fim, com relação à descrição das curvas de língua durante a produção das oclusivas [t], [d], [k] e [g], essa também foi realizada no ponto de máxima elevação da língua e com base nas variáveis do trato da Fonologia Gestual analisadas com o auxílio das imagens de ultrassom (local e grau de constrição da ponta de língua e local e grau de constrição do dorso de língua)⁽⁵⁾.

RESULTADOS

Os valores de média e desvio padrão de cada parâmetro acústico, para o grupo de adultos e para o grupo de crianças com DTF, são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1: Valores descritivos dos parâmetros acústicos pesquisados para os dois grupos do estudo

Parâmetros		Adultos				Crianças com DTF			
		[k]	[t]	[g]	[d]	-	[k]	[t]	[g]
VOT (ms)	M	44,22	16,96	-94,56	-114,85	44,05	20,47	-98,47	-108,78
	DP	12,47	5,77	31,67	32,17	19,36	12,07	36,42	49,98
Pico Espectral (Hz)	M	352,14	322,25	352,83	720,51	621,98	691,50	530,53	378,05
	DP	526,34	542,33	404,89	1196,24	908,90	1282,25	582,56	310,24
Centróide (Hz)	M	1338,77	498,12	603,72	492,64	1422,13	1058,79	827,14	687,94
	DP	883,13	513,71	486,71	389,61	675,25	1063,28	663,85	713,53
Variância (MHz)	M	2,85	1,08	0,75	0,60	2,91	2,89	1,33	1,10
	DP	2,25	1,46	0,89	0,96	1,68	2,86	1,82	1,85
Assimetria	M	2,95	10,04	7,22	8,60	2,48	5,88	5,34	8,09
	DP	1,67	7,73	3,97	4,44	1,43	6,49	3,85	5,44
Curtose	M	14,24	225,43	104,81	154,28	8,53	100,15	55,93	124,87
	DP	19,04	440,78	111,38	164,44	9,08	216,20	78,60	157,08
Transição CV (Hz)	M	1629,47	1566,42	1762,42	1594,23	1823,20	1861,53	1952,07	1939,91
	DP	155,06	191,78	211,38	346,02	300,04	268,26	380,56	346,02
Duração relativa da Oclusão (%)	M	74,73	89,55	86,52	92,92	72,71	86,84	86,87	90,40
	DP	6,62	4,13	5,76	3,42	8,18	6,99	6,82	5,61
Duração relativa do Burst (%)	M	25,27	10,40	13,48	7,08	27,29	12,80	13,29	9,58
	DP	6,62	4,19	5,76	3,42	8,21	6,88	6,85	5,64

Legenda: DTF – Desenvolvimento típico de fala; VOT – *Voice onset time*; CV – Consoante/vogal; ms – milissegundos; Hz – Hertz; MHz – megahertz; M – Média; DP – desvio padrão.

Na Tabela 2 são apresentados os resultados obtidos com a aplicação da ANOVA de Medidas Repetidas dos nove parâmetros acústicos pesquisados.

Tabela 2: Resultados da análise estatística referente aos nove parâmetros acústicos pesquisados

Parâmetros Acústicos	Fatores					
	Grupos		Consoantes Oclusivas		Interação	
	Adultos X DTF				Consoante/Grupo	
VOT	F(1,33)= 0,0774	p= 0,78	F(3,99)= 560,3611	p≤0,01*	F(3,99)= 0,4231	p= 0,73
Pico Espectral	F(1,33)= 1,11694	p= 0,29	F(3,99)= 0,27574	p= 0,84	F(3,99)= 3,47451	p≤0,01*
Centróide	F(1,33)= 5,9496	p= 0,02*	F(3,99)= 18,2265	p≤0,01*	F(3,99)= 1,5598	p= 0,20
Variância	F(1,33)= 5,7526	p= 0,02*	F(3,99)= 19,4033	p≤0,01*	F(3,99)= 3,0979	p= 0,03*
Assimetria	F(1,33)= 3,9457	p= 0,05	F(3,99)= 20,9163	p≤0,01*	F(3,99)= 2,3849	p= 0,07
Curtose	F(1,33)= 2,77964	p=0,10	F(3,99)= 8,14936	p≤0,01*	F(3,99)= 1,19140	p= 0,31
Transição CV	F(1,33)= 18,675	p≤0,01*	F(3,99)= 9,074	p≤0,01*	F(3,99)= 3,212	p= 0,02*
Duração relativa da Oclusão	F(1,33)= 2,21	p= 0,14	F(3,99)= 164,18	p≤0,01*	F(3,99)= 1,33	p= 0,26
Duração relativa do Burst	F(1,33)= 2,0113	p= 0,16	F(3,99)= 169,9732	p≤0,01*	F(3,99)= 1,1007	p= 0,35

Legenda: VOT – *Voice onset time*; DTF – Grupo de crianças com Desenvolvimento Típico de Fala; * - resultados estatisticamente significantes.

Teste estatístico = ANOVA de Medidas Repetidas, com $p < 0,05$.

O único parâmetro acústico que se mostrou distinto entre os grupos de adultos e crianças com DTF e, na ausência de significância para a interação consoante/grupo, foi o centróide.

Os parâmetros com diferença estatisticamente significativa entre as consoantes oclusivas [k], [t], [g] e [d] foram: o VOT, o centróide, a assimetria, a curtose, a duração relativa da oclusão e do *burst*. Tais parâmetros apresentaram

diferenças entre as oclusivas investigadas de maneira semelhante entre os dois grupos.

Foi observado o efeito para a interação entre consoante/grupo para os parâmetros acústicos: pico espectral, variância e transição CV. Ou seja, para esses parâmetros as diferenças do contraste fônico alveolar *versus* velar foi dependente do tipo de grupo.

Uma série de análise *post hoc* foi conduzida a fim de verificar a diferença entre as consoantes e a diferença entre as consoantes em função do grupo, no caso dos parâmetros que a interação consoante/grupo se mostrou significativa.

Na Tabela 3 é apresentada a análise *post hoc*, realizada com intuito de sinalizar as diferenças entre os pares de consoantes oclusivas, independentemente do tipo de grupo.

Tabela 3: Valores de significância *post hoc* na comparação entre as oclusivas alveolares e velares, nos dois grupos de sujeitos, na ausência da interação consoante/grupo

Parâmetros Acústicos	[t] x [k]	[t] x [g]	[d] x [g]	[d] x [k]
VOT	p≤0,01*	p≤0,01*	p≤0,01*	p≤0,01*
Centróide	p≤0,01*	1,00	1,00	p≤0,01*
Assimetria	p≤0,01*	0,12	0,08	p≤0,01*
Curtose	p≤0,01*	0,05	0,50	p≤0,01*
Duração relativa da Oclusão	p≤0,01*	0,28	p≤0,01*	p≤0,01*
Duração relativa do <i>Burst</i>	p≤0,01*	0,12	p≤0,01*	p≤0,01*

Legenda: VOT – *Voice onset time*; * - resultados estatisticamente significantes.

Teste estatístico = *Post hoc* de Bonferroni, com p<0,05.

Para o VOT, foi possível observar, além da marcação do contraste de vozeamento, a distinção dos quatro pares de oclusivas alveolares e velares, que

são: [t] x [k], [t] x [g], [d] x [g] e [d] x [k]. O mesmo resultado foi observado para os outros cinco parâmetros destacados na Tabela 3, ou seja, todos eles distinguiram os dois contrastes alveolar/velar e voz, todavia, não foi observada uma diferença estatisticamente significativa para todos os pares contrastados.

Em relação aos parâmetros com diferença entre os pares de oclusivas alveolares e velares de modo distinto entre os dois grupos pesquisados, verificou-se com o teste *post hoc* para o pico espectral, diferença estatisticamente significativa somente para o grupo de adultos nas comparações [d] x [g] e [d] x [k], com valor de p igual a 0,02 para ambas as comparações. Para o parâmetro de variância, foi constatada diferença estatisticamente significativa para o grupo de adultos nas comparações [t] x [k] e [d] x [k] ($p \leq 0,01$) e para o grupo com DTF foi observada a diferença entre [t] x [g] ($p = 0,02$) e [d] x [k] ($p \leq 0,01$). O terceiro parâmetro sensível ao efeito consoante/grupo foi a transição CV, nesse novamente o grupo de adultos foi o único a diferenciar o contraste, nas comparações entre as oclusivas [t] x [g] e [d] x [g] ($p \leq 0,01$).

Ainda, quanto ao parâmetro da variância, essa apresentou efeito para a repetição, com $F(2,66) = 5,9994$ e $p \leq 0,01$. A interação entre repetição/grupo não se mostrou significativa ($F(2,66) = 1,1764$ e $p = 0,31$). Esses resultados sugerem a existência de variabilidade entre as repetições das oclusivas para os valores do segundo momento espectral, independentemente do grupo.

Em relação aos parâmetros articulatórios propostos no presente estudo, foi realizada a comparação entre a proporção de eixos significantes da região anterior de língua e a proporção de eixos significantes da região posterior de língua, em cada grupo investigado (adultos e crianças com DTF).

Na Tabela 4 são apresentados os resultados para o grupo de adultos. Foi observada diferença estatisticamente significativa entre as regiões anterior e posterior de língua na comparação de todos os contrastes: [t] x [k], [t] x [g], [d] x [k] e [d] x [g], sendo que nos quatro contrastes estudados, a maior média percentual de eixos significantes foi encontrada na região anterior de língua.

Tabela 4: Comparação entre as proporções de eixos significantes da região anterior e posterior de língua, no grupo de adultos

Contrastes	Região da língua		p-valor
	Anterior	Posterior	
	M(DP)	M(DP)	
[t] x [k]	0,8796(±0,07)	0,7067(±0,17)	0,003*
[t] x [g]	0,8695(±0,06)	0,6973(±0,21)	0,003*
[d] x [k]	0,8458(±0,08)	0,6875(±0,20)	0,011*
[d] x [g]	0,8581 (±0,07)	0,7019 (±0,18)	0,001*

Legenda: M – Média; DP – desvio padrão; * - resultados estatisticamente significantes;

Teste estatístico – *Teste t pareado*, com $p < 0,05$;

Para o grupo crianças com DTF (Tabela 5), foi constatada diferença estatisticamente significativa entre as regiões anterior e posterior de língua somente na comparação dos contrastes [t] x [k] e [t] x [g]. Sendo que a maior média percentual de eixos significantes também foi encontrada na região anterior de língua para esses pares de consoantes.

Tabela 5: Comparação entre as proporções de eixos significantes da região anterior e posterior de língua, no grupo de crianças com desenvolvimento típico de fala

Contrastes	Região da língua		p-valor
	Anterior	Posterior	
	M(DP)	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

Legenda: M – Média; DP – desvio padrão; * - resultados estatisticamente significantes;

Teste estatístico utilizado – *Teste de Wilcoxon*, com $p < 0,05$.

Nas Figuras 3 e 4 são ilustradas as *splines* de língua na comparação de cada um dos contrastes – [t] x [k], [t] x [g], [d] x [k] e [d] x [g] – para um sujeito de cada um dos grupos investigados.

As *splines* de língua expostas na Figura 3 vão ao encontro dos resultados da Tabela 4, uma vez que para o grupo de adultos houve uma diferença marcante entre os traçados de língua de oclusivas alveolares *versus* velares.

De modo geral, ao se considerar as variáveis do trato da Fonologia Gestual, se constatou para as oclusivas alveolares uma tendência de elevação e anteriorização da ponta da língua em direção à região dos alvéolos. Contrariamente para as oclusivas velares foi possível evidenciar uma elevação e posteriorização do dorso de língua, em direção à região do véu palatino, nesse momento a ponta de língua encontrava-se rebaixada. Nos segmentos velares o traçado de língua apresentou uma configuração côncava.

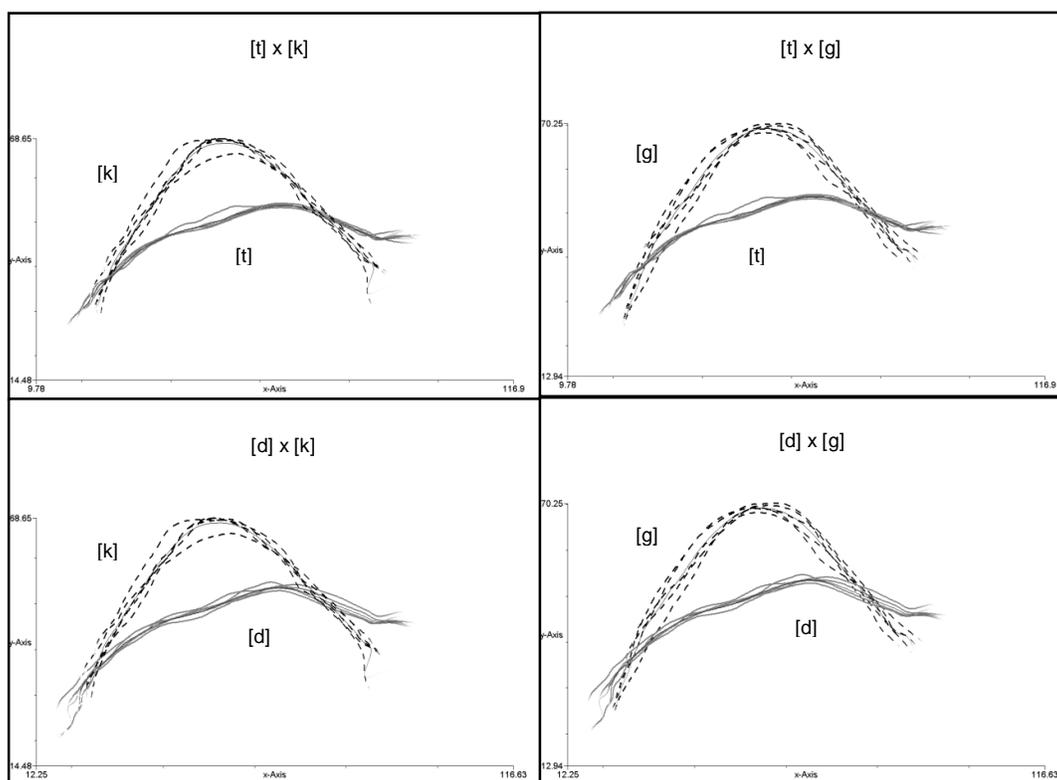


Figura 3: *Splines* de língua referentes a cada um dos contrastes investigados, produzidas por um sujeito do grupo de adultos da pesquisa

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.

A Figura 4, correspondente às *splines* de língua de uma criança com DTF, também evidenciou as diferenças entre as contrações alveolares e velares, mesmo para os contrastes [d] x [k] e [d] x [g], os quais não apresentaram diferenças estatisticamente significantes quanto à comparação entre a proporção de eixos significantes da região anterior e posterior de língua.

Os gestos articulatorios (em suas variáveis do trato – local de contração de ponta de língua e local de contração do corpo de língua) de crianças com DTF se mostraram semelhantes aos gestos articulatorios descritos para o grupo de adultos. No entanto, na grande maioria dos dados observa-se menor magnitude do gesto de

dorso de língua para esses sujeitos, além da existência de maior variabilidade entre algumas repetições dos segmentos.

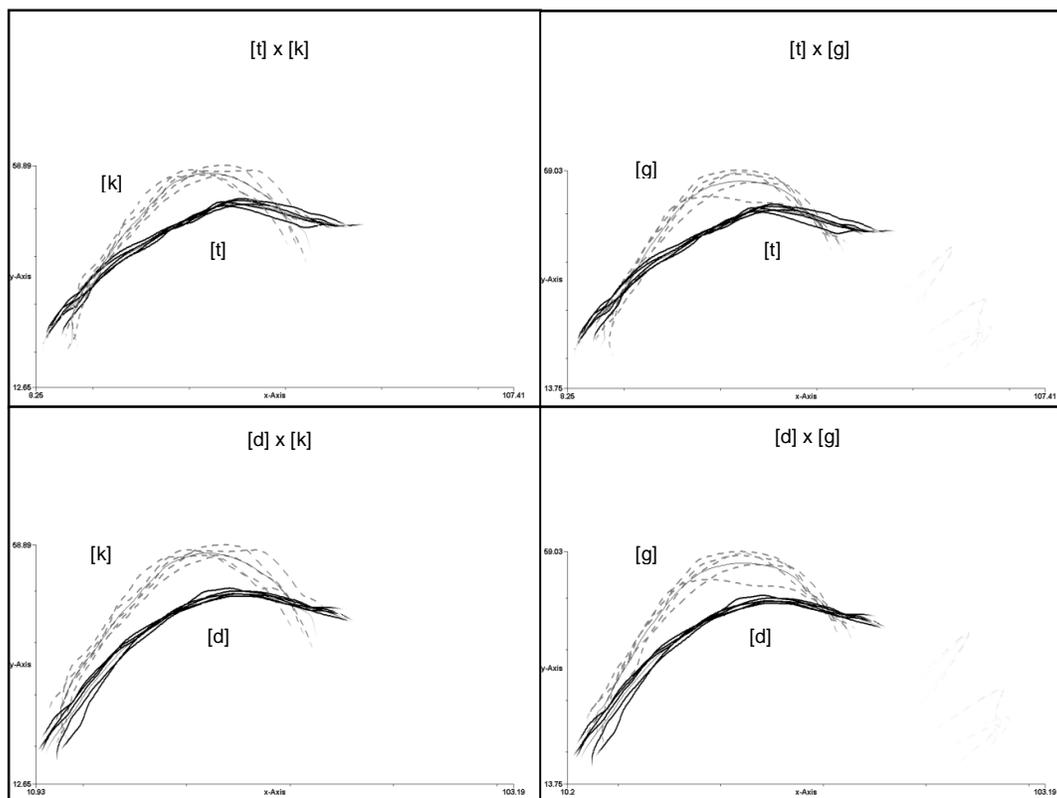


Figura 4: *Splines* de língua referentes a cada um dos contrastes investigados, produzidas por um sujeito do grupo de crianças com desenvolvimento típico de fala da pesquisa

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.

Ao comparar as proporções de eixos significantes da região anterior de língua durante as produções de [t] x [k], do grupo de adultos e do grupo de crianças com DFT, foi evidenciada diferença estatisticamente significativa entre os grupos, com valor de $p < 0,05$. E assim também se confirmou para os outros três pares de oclusivas contrastados – [t] x [g], [d] x [k] e [d] x [g]. O mesmo resultado foi

observado durante a comparação das proporções de eixos significantes da região posterior de língua, entre os dois grupos de sujeitos. Em todas as comparações foi constatada maior média de eixos significantes para o grupo de adultos, com exceção apenas da comparação entre as proporções de eixos significantes da região posterior de língua, durante a produção do contraste entre [d] x [k], na qual se observou maior média de eixos significantes para as crianças típicas.

DISCUSSÃO

A presente pesquisa teve como objetivo geral investigar acústica e articulatoriamente o contraste entre oclusivas alveolares e velares do PB. Para isso foram pesquisados alguns parâmetros de análise acústica e de análise de imagens de ultrassonografia dos gestos de língua, em dados de falantes adultos e crianças com aquisição típica.

Quanto à primeira análise de fala, a análise acústica, seis (VOT, centróide, assimetria, curtose, duração relativa da oclusão e do *burst*) dos nove parâmetros investigados sinalizaram para uma diferença entre as consoantes alvo do estudo independentemente do tipo de grupo, ou seja, se mostraram eficazes para a diferenciação do contraste entre oclusivas alveolares e velares de modo similar entre adultos e crianças com DTF.

Os valores de pico espectral mostraram distinção entre as consoantes, todavia, distinção essa relacionada ao tipo de grupo. Esse fato remete ao entendimento de que adultos e crianças com DTF aqui avaliados, empregam de forma distinta esse parâmetro com relação à marcação do contraste de ponto

articulatório. Outros dois parâmetros também evidenciaram significância estatística para a interação entre consoante/grupo, que foram a variância e a transição CV.

Diferenças estatisticamente significantes entre falantes adultos e crianças com DTF também foram verificadas, nesse caso por meio do parâmetro de centróide e com a análise *post hoc* dos parâmetros acústicos que apresentaram significância para a interação consoante/grupo – pico espectral, variância e transição CV. O grupo de adultos apresentou algumas diferenças significantes entre os pares de consoantes oclusivas a partir desses três parâmetros, o que não pôde ser remetido também às crianças com DTF.

A análise acústica é um método consagrado entre os pesquisadores da fala para a caracterização dos contrastes de sons. O VOT é considerado um dos parâmetros acústicos importante na investigação dos segmentos oclusivos, sendo extensivamente investigado primeiramente para a marcação do contraste de vozeamento, entretanto, também tem sido relacionado ao contraste de ponto articulatório das oclusivas^(4,9-13,15,18), e assim também se confirmou por meio dos achados desta pesquisa. Quando contrastadas as consoantes com base apenas no contraste alveolar *versus* velar ([t] *versus* [k] e, [d] *versus* [g]) foi observada a ocorrência de maiores valores de VOT para [k] e [d], respectivamente.

Quanto aos demais parâmetros, outra pesquisa⁽¹⁶⁾ observou para um falante adulto típico do PB, o emprego de todos os parâmetros acústicos aqui investigados, na diferenciação das consoantes [t] e [k] (pico espectral, momentos espectrais do *burst*, transição CV e durações relativas). Dado que corrobora em parte alguns dos achados deste artigo, uma vez que no presente estudo todos os parâmetros evidenciaram diferenças entre os pares de oclusivas alveolares e velares. A

autora⁽¹⁶⁾ destacou também que algumas dessas medidas acústicas se mostraram como primárias ou secundárias na distinção do contraste alveolar *versus* velar.

Em relação às informações acústicas na fala de crianças com DTF, dados do Coreano, de crianças em fase precoce do desenvolvimento da fala (de dois anos e seis meses a quatro anos), mostraram que entre as crianças mais novas as oclusivas foram diferenciadas principalmente pelo VOT. Somente mais tarde que outro parâmetro investigado (frequência fundamental da vogal seguinte à oclusiva) desempenhou papel distintivo⁽¹¹⁾.

Para falantes do PB de cinco a sete anos de idade e ausência de queixas fonoaudiológicas, foi observada a eficácia na diferenciação dos três locais de constricção das oclusivas (mais precisamente, bilabiais e alveolares *versus* velares) por meio dos valores do VOT e dos quatro primeiros momentos espectrais⁽¹³⁾.

Em outro estudo⁽⁴⁾, os parâmetros acústicos também foram utilizados para pesquisar diferenças entre as faixas etárias de seis, oito, dez e 12 anos. O centróide, por exemplo, não se mostrou como um parâmetro sensível às variações de idade, fornecendo evidências de que essa medida acústica seja estabilizada mais precocemente no período de aquisição dos sons. No que se refere à assimetria, essa foi o momento espectral que apresentou diferenças para mais segmentos oclusivos e fricativos conforme a idade. Ainda com referência ao mesmo trabalho⁽⁴⁾, foram observados que os segmentos com pontos articulatorios mais posteriores se mostraram mais instáveis e, os que apresentaram maiores variações acústicas com o transcorrer do desenvolvimento infantil. O que acaba por justificar a necessidade de um período de tempo maior para sua aquisição.

No que diz respeito à distinção entre os grupos do estudo, as diferenças observadas entre os parâmetros acústicos durante a produção oral adulta e infantil,

constatadas no presente trabalho e em outros achados da literatura^(4,11,13), instigam antigos conhecimentos da Fonoaudiologia e da Linguística. Como por exemplo: crianças com DTF ao apresentarem uma produção estável e condizente com o alvo adulto de acordo com análise perceptual, por qual motivo apresentariam distinções acústicas em relação ao padrão da sua língua? Ainda, poderia isso representar algum nível de gradiência durante o desenvolvimento? Tais questionamentos serão discutidos com maior profundidade após a apresentação dos dados articulatórios.

Na sequência, a segunda análise instrumental empregada nesta pesquisa diz respeito à análise das imagens de língua adquiridas com o auxílio do equipamento de ultrassonografia. Um dos desafios com a realização deste estudo se referia à obtenção de uma análise quantitativa das imagens de língua com o auxílio do *software* AAA, também empregado para a gravação dos dados. Influências do tamanho da cavidade oral, posicionamento da sonda do ultrassom e, ainda, a falta de acesso a dados brutos por meio do *software*, foram alguns dos obstáculos para a obtenção de dados quantitativos.

Portanto, buscou-se uma alternativa para esse tipo de análise por meio dos recursos do programa selecionado para a gravação e análise dos dados de produção de fala. Em razão do contraste alvo do estudo aparentemente estar relacionado a gestos articulatórios de ponta e dorso de língua, poderia ser questionada a superioridade da região anterior ou posterior de língua na marcação do contraste fônico alveolar *versus* velar. Portanto, foi proposta a análise das proporções de eixos significantes da região anterior e posterior de língua.

Com isso, os resultados da presente pesquisa apontaram diferenças entre as duas regiões de língua tanto para o grupo de adultos, com distinções significantes na comparação dos quatro pares de oclusivas, como para o grupo de crianças com

DTF, essas com diferença significativa de dois pares de segmentos oclusivos. Entre todas essas significâncias estatísticas, foi constatada uma maior média percentual de eixos significantes na região anterior de língua. Com isso, é possível inferir uma maior influência da região médio anterior de língua na estabilização do contraste de ponto articulatório da classe das oclusivas.

Dentre as medidas quantitativas relacionadas à ultrassonografia, descritas na literatura para os segmentos analisados, tem-se o índice de excursão do dorso de língua^(18,27). Esse parâmetro foi usado para caracterizar o contraste entre oclusivas alveolares e velares de falantes do Inglês⁽¹⁸⁾. Na pesquisa citada foram observados para uma criança com distinção perceptível entre segmentos alveolares e velares, maiores valores do índice de excursão do dorso de língua para as consoantes velares, sendo essa medida de ultrassom também maior no contexto de vogais mais anteriores e na posição inicial da palavra.

Em relação à descrição das curvas de língua no ponto máximo de constricção para a produção das oclusivas, durante a produção de [t] e [d] foi verificado para ambos os grupos a realização de um gesto de ponta de língua com direcionamento do movimento para a região anterior e superior da cavidade oral, o que contrasta com as oclusivas [k] e [g], as quais foram produzidas com movimento posterior e superior do dorso de língua. Uma caracterização semelhante a essa foi citada em outro trabalho para dados típicos de fala do PB⁽²⁴⁾.

O presente estudo se propôs ainda a comparar os dois grupos investigados também por meio de dados de ultrassonografia de língua e, desta maneira, novamente foram observadas algumas particularidades das produções adultas e infantis. Mesmo que ambos os grupos apresentem produções categóricas de [t], [d], [k] e [g] (identificadas via análise perceptivo auditiva), uma distinção entre as fases

do desenvolvimento também foi apontada com a comparação do parâmetro de proporção de eixos significantes da região anterior e posterior de língua, sendo observada maior média de eixos significantes para o grupo de adultos.

Ainda, com a inspeção visual das curvas de língua, mesmo ao serem identificadas as mesmas variáveis do trato durante a formação de constrictões alveolares e velares nos dois grupos do estudo, também é possível refletir em torno de algumas características das curvas de língua do grupo de crianças. Por exemplo, foi observado para o grupo com DTF uma menor diferenciação entre as magnitudes dos gestos de ponta e dorso de língua produzidos durante as constrictões alveolares e velares respectivamente, além da observação de uma maior variabilidade das curvas de língua durante as repetições de uma determinada consoante.

Com isso, reacendem novamente os questionamentos levantados anteriormente na presente discussão. Tantos os resultados ofertados pela análise acústica, como pela análise articulatória, sugerem um período de estabilização nas produções de crianças com DTF. Tal interpretação pode ser explicada pela Fonologia Gestual^(5,6), uma vez que é possível constatar a presença de estados gradientes, mesmo em dados sem alterações de fala, o que, dito em outras palavras, corrobora a identificação de um período de “refinamento articulatório”, mesmo após o término da aquisição dos sistema fônico⁽⁴⁾.

As crianças, ao mostrarem diferenças em relação aos parâmetros empregados por sujeitos adultos, permitem inferir, portanto, um período de maturação neuromotora relacionada ao uso dos articuladores do trato vocal. Nesses casos, mesmo que seja observado algum nível de distanciamento entre as fases adulta e infantil, em que não são utilizados todos os parâmetros na marcação de um determinado contraste, a utilização de pelo menos um parâmetro, em uma

magnitude adequada, propicia o resgate do contraste fônico por meio da audição^(4,13,14).

Reforçando essa ideia, entende-se que a produção madura da fala é uma ação hábil que requer muitos anos de desenvolvimento e aperfeiçoamento da cognição humana, dos sistemas linguístico e motor⁽¹⁹⁾.

Por fim, além de discutir acerca do contraste fônico entre oclusivas alveolares e velares, o presente estudo visou utilizar um novo método de investigação instrumental da fala, as imagens de ultrassonografia de língua. Sem a pretensão de responder a todas as dúvidas que ainda acompanham a investigação dos contrastes fônicos por meio de um aparato tecnológico, esta pesquisa pretendeu também incentivar novos trabalhos no domínio da aquisição e desenvolvimento dos sons da fala e, também, da prática fonoaudiológica com as alterações de fala.

CONCLUSÃO

Com a realização deste estudo foi possível testar as hipóteses inicialmente formuladas. Com isso, foi possível tecer algumas considerações acerca do contraste fônico entre oclusivas alveolares e velares por meio dos parâmetros acústicos e articulatórios investigados, tanto na fala dos sujeitos adultos, como na fala de crianças com DTF.

Quanto à análise acústica, verificaram-se por meio de seus parâmetros diversas distinções entre a produção de constrições alveolares e velares na classe das oclusivas. Os valores de VOT, centróide, assimetria, curtose e medidas de duração relativa da oclusão e do *burst* apresentaram diferenças entre as consoantes oclusivas independentemente do tipo de grupo pesquisado. Contrariamente, os

parâmetros de pico espectral, variância e transição CV mostraram efeito para consoante/grupo, sugerindo que o grupo de adultos e de crianças com DTF distinguiram as consoantes oclusivas por meio desses três parâmetros de maneira distinta entre eles.

No que se refere aos parâmetros articulatórios propostos, novamente foram evidenciadas diferenças na fala de sujeitos adultos, entre todos os pares de oclusivas alveolares e velares contrastados. Entretanto, as crianças com DTF mostraram diferenças na comparação entre as proporções de eixos significantes da região anterior e posterior de língua apenas para os pares [t] x [k] e [t] x [g]. Do mesmo modo as curvas de língua auxiliaram na identificação dos gestos articulatórios durante a produção de constrictões alveolares e velares, também nas produções dos dois grupos do estudo.

Em relação à hipótese dois, as distinções entre os grupos apontadas tanto pela análise acústica, como pela análise da ultrassonografia, sugerem um período de estabilização dos gestos articulatórios do grupo de crianças com DTF. Acredita-se em um período de refinamento dos gestos envolvidos na produção dos segmentos oclusivos para além do período de aquisição da consoante, isto é, para além dos cinco anos e sete meses, idade média das crianças incluídas nesta pesquisa.

REFERÊNCIAS

1. Gafos AI. A grammar of gestural coordination. *Nat Lang Linguist Theory*. 2002;20(2):269-337.
2. Lisker L, Abramson AS. A Cross-Language Study of Voicing in Initial Stops: Acoustical Measurements. *Word*. 1964;20(3):384-422.
3. Lamprecht RR, Bonilha GFG, Freitas GCM, Matzenauer CH, Mezzomo CL, Oliveira CC et al. Aquisição fonológica do Português: perfil de desenvolvimento e subsídios para a terapia. Porto Alegre: Artmed; 2004.
4. Cristofolini C. Gradiência na fala infantil: caracterização acústica de segmentos plosivos e fricativos e evidências de um período de “refinamento articulatorio” [tese]. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina; 2013.
5. Browman C, Goldstein L. Articulatory Phonology: an overview. *Phonetica*. 1992;49:155-80.
6. Albano EC. O gesto e suas bordas: esboço de fonologia acústico-articulatória do Português Brasileiro. Campinas: Mercado das Letras-Associação de Leitura do Brasil – ALB; 2001.
7. Goldstein L, Byrd D, Saltzman E. The role of vocal tract gestural action units in understanding the evolution of phonology. In: Arbib MA. *Action to Language via the Mirror Neuron System*. Cambridge: Cambridge University Press; 2006. p. 215-49.
8. Costa LT. Abordagem dinâmica do rotacionismo [tese]. Curitiba: Universidade Federal do Paraná; 2011.

9. Tyler AA, Figurski GR, Langsdale T. Relationships between acoustically determined knowledge of stop place and voicing contrasts and phonological treatment progress. *J Speech Hear Res.* 1993;36(4):746-59.
10. Cho T, Ladefoged P. Variation and universals in VOT: evidence from 18 languages. *J Phon.* 1999;27:207-29.
11. Kim M, Stoel-Gammon C. The acquisition of Korean word-initial stops. *J Acoust Soc Am.* 2009;125(6):3950-61.
12. Theodore RM, Miller JL, DeSteno D. Individual talker differences in voice-onset-time: contextual influences. *J Acoust Soc Am.* 2009;125(6):3974-82.
13. Rinaldi LC. Procedimentos para a Análise de Vogais e Obstruintes na Fala Infantil do Português Brasileiro [dissertação]. Campinas: Universidade Estadual de Campinas; 2010.
14. 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.
15. Melo RM, Mota HB, Mezzomo CL, Brasil BC, Lovatto L, Arzeno L. Desvio fonológico e a dificuldade com a distinção do traço [voz] dos fonemas plosivos – dados de produção e percepção do contraste de sonoridade. *Rev. CEFAC.* 2012;14(1):18-29.
16. 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.

17. Marino VCC, Berti LC, Lima-Gregio AM. Características acústicas da oclusiva glotal associada à sequência de Pierre Robin: estudo de caso. *Rev CEFAC*. 2013;15(2):466-77.
18. Byun TM, Buchwald A, Mizoguchi A. Covert contrast in velar fronting: An acoustic and ultrasound study. *Clin Ling Phon*. 2015;1:1-27.
19. 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: 375-92.
20. Goldstein L, Pouplier M, Chen L, Saltzman E, Byrd D. Dynamic action units slip in speech production errors. *Cognition*. 2007;103(3):386–412.
21. Bressmann T, Radovanovic B, Kulkarni GV, Klaiman P, Fisher D. An ultrasonographic investigation of cleft-type compensatory articulations of voiceless velar stops. *Clin Ling Phon*. 2011;25(11-12):1028-33.
22. Gibbon FE, Lee A. Using EPG data to display articulatory separation for phoneme contrasts. *Clin Ling Phon*. 2011;25(11–12): 1014-21.
23. Falahati R, Mielke J. An Ultrasound Study of Coronal Stop Deletion in Persian. *Canadian Acoustics*. 2011;39(3):172-73.
24. 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.
25. Mauszycki SC, Wambaugh JL, Dromey C. Electropalatographic measures of stop consonants in speakers with and without apraxia of speech on repeated sampling occasions. *J Med Speech Lang Pathol*. 2013;20(4):77-81.

26. Cleland J, Scobbie JM, Wrench AA. Using ultrasound visual biofeedback to treat persistent primary speech sound disorders. *Clin Ling Phon.* 2015;29(8-10):575-97.
27. Zharkova N. Using ultrasound to quantify tongue shape and movement characteristics. *Cleft Palate Craniofac J.* 2013;50:76-81.
28. Barberena LS, Keske-Soares M, Berti LC. Descrição dos gestos articulatórios envolvidos na produção dos sons /r/ e //l/. *Audiol Commun Res.* 2014;19(4):338-44.
29. Wertzner HF, Francisco DT, Pagan-Neves LO. Contorno de língua dos sons /s/ e /ʃ/ em crianças com transtorno fonológico. *CoDAS* 2014;26(3):248-51.
30. 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.
31. 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.

3 ARTIGO DE PESQUISA 2

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 data and data of phonological disorders

RESUMO

Objetivo: Investigar a produção do contraste entre oclusivas alveolares e velares na fala de crianças com desenvolvimento típico de fala e com desvio fonológico, por meio de parâmetros acústicos e articulatórios. **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. Os dados passaram por análise acústica e articulatória. **Resultados:** Os quatro momentos espectrais foram utilizados, independentemente do tipo de grupo, para a distinção de pelo menos um par de oclusivas alveolares *versus* velares. O VOT e as durações relativas da oclusão e do *burst* demonstraram ser empregados de modo distinto entre crianças com e sem alteração de fala. Os parâmetros de pico espectral e transição consoante-vogal não foram significantes para a marcação do contraste alvo. Quanto aos parâmetros articulatórios, a proporção de eixos significantes das regiões anterior e posterior de língua mostrou algumas diferenças significantes no grupo típico, diferentemente do grupo com desvio. As curvas de língua também evidenciaram particularidades em ambos os grupos. **Conclusão:** Os parâmetros acústicos e articulatórios forneceram evidências acerca do contraste fônico entre oclusivas alveolares e velares na amostra estudada. Resumidamente foi observado: um refinamento articulatório das crianças com desenvolvimento típico de fala e a presença de contrastes encobertos na fala das crianças com desvio fonológico.

DESCRITORES: Fala; Ultrassonografia; Acústica da Fala; Criança; Desordens da Fala

ABSTRACT

Purpose: To investigate the production of the contrast between alveolar and velar stops in speech of children with typical speech development and with phonological disorders, through acoustic and articulatory parameters. **Methods:** The sample consisted of 15 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. It was performed simultaneous audio and video recording. The data were analyzed in acoustic and articulatory way. **Results:** The four spectral moments were used, regardless the group type, to distinguish at least one pair of alveolar *versus* velar stops. The VOT and the stops and burst relative durations showed that they were used in a different way in the comparison between children with and without speech alterations. The parameters spectral peak and consonant-vowel transition were not significant to mark the contrast of articulatory point. About the articulatory parameters, the proportion of significant axes of the tongue anterior and posterior region showed some significant differences in the typical group, different from the group with 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. Summarizing, it was observed: an articulatory refining of children with typical speech development and presence of covert contrast in speech of children with phonological disorders.

KEYWORDS: Speech; Ultrasonography; Speech Acoustics; Child; Speech Disorders

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 déficits evidentes na significação dos sons da fala, bem como, no âmbito do vocabulário e da gramática, podem então ser diagnosticados os erros ou os desvios³.

O presente estudo adota a ideia de que crianças com desvio fonológico apresentam uma instabilidade fônica dos padrões da língua, não mais esperada para o seu período de desenvolvimento, com efeito principal na contrastividade dos sons da fala. Diferentemente de interpretações advindas de outras linhas teóricas^{4,5}, neste trabalho o desvio fonológico não está relacionado somente a erros categóricos, como os de substituições, omissões e/ou assimilações de segmentos. Essa desordem de fala parece estar vinculada também à provável produção de contrastes gradientes.

Os contrastes gradientes, intermediários ou encobertos são entendidos como a produção de fala com um conhecimento distintivo de um determinado contraste fônico, não identificada por meio de análise perceptivo auditiva, e sim, com o auxílio de análises instrumentais de fala⁽⁶⁾. Os contrastes encobertos representam, portanto, uma etapa intermediária no processo de aquisição de um segmento^(1,2).

Essa interpretação dos desvios fonológicos está diretamente atrelada ao viés teórico da Fonologia Gestual^{7,8}, à interpretação dos gestos articulatórios e, conseqüentemente, à adoção de análises instrumentais de fala, como a análise acústica e articulatória.

Estudos interpretados à luz da Fonologia Gestual mencionam com grande frequência a presença de contrastes gradientes durante o desenvolvimento de fala, caracterizados tanto por produções categóricas (no caso de produções de fala com parâmetros acústicos e/ou articulatórios compatíveis com o segmento identificado perceptivo auditivamente), quanto por contrastes encobertos^{1-3,6,9-19}.

É relatada¹³ a ocorrência de três categorias de produção de um contraste durante um processo terapêutico para a estabilização dos sons da fala. Na categoria I são enquadrados os dados que não mostram evidências de tentativas da criança em marcar o contraste em aquisição (substituições categóricas). Na categoria II são incluídos os dados que apresentam indícios de tentativas da criança em sinalizar a distinção fônica, categoria subdivida ainda em – contrastes encobertos e segmentos identificados auditivamente como “distorções”. E, na categoria III, são incorporados os dados semelhantes ao padrão da língua, identificados tanto por análise acústica, como por análise de oitiva.

Em outro trabalho¹⁷ é citada também a presença de contrastes deslocados, os quais se referem à utilização de estratégias no sentido inverso ao do acerto. Por exemplo, no caso de crianças com dificuldades de vozeamento, na tentativa de gerar a vibração das pregas vocais, essas parecem prolongar o tempo de duração da plosão dos segmentos vozeados. Entretanto, esse comportamento ocasiona uma série de novos acontecimentos, ou seja, ao segurar a soltura da corrente aérea, maior tensão é gerada nos articuladores, ocasionando alta pressão intra-oral e,

consequentemente, as pregas vocais são mantidas abertas, sem vibrar. Dessa forma, em razão desse achado é sugerida a ocorrência dos contrastes deslocados.

De acordo com esse ponto de vista, as instabilidades do sistema fônico são justificadas como decorrentes de:

- (i) Uma redução na magnitude no tempo e no espaço de gestos articulatorios individuais^{11,12,14,19};
- (ii) Um aumento na sobreposição gestual¹⁹;
- (iii) Ocorrência de gestos intrusivos^{11,12}, ou;
- (iv) Dependência entre articuladores¹⁰.

Por meio de análise de oitiva, exclusivamente, a audição humana geralmente só é capaz de identificar as produções corretas, as substituições, as omissões e/ou as assimilações de segmentos (ou seja, classificação categórica – “correto/incorreto”, não gradiente), isso justifica o porquê de muitos anos o desvio fonológico ser caracterizado desse modo.

Com o crescente interesse das áreas da linguística e da fonoaudiologia acerca do emprego de metodologias instrumentais (acústica e/ou articulatória), está sendo possível observar e descrever quais e, em que magnitude, parâmetros acústicos/articulatorios estão sendo empregados para a distinção dos diversos sons da fala, antes mesmo de serem percebidos a ouvido nu¹⁵.

Portanto, a identificação dos contrastes encobertos, em transição ou deslocados, possibilita a reinterpretação dos desvios fonológicos e, de certo modo, fornece inferências acerca do direcionamento dos métodos terapêuticos. Os objetivos do tratamento são então direcionados para auxiliar a criança nos ajustes motores necessários e na coordenação entre os gestos articulatorios para se atingir o padrão-alvo da língua¹⁷.

Com isso, a presente pesquisa possui como objeto de estudo a análise acústica e articulatória (imagens de ultrassonografia de língua) da fala de crianças com desenvolvimento típico de fala (DTF) e de crianças com desvio fonológico, especificamente, quanto ao contraste fônico entre oclusivas alveolares e velares.

Para isso, as hipóteses que permeiam este estudo são:

- (i) Existem fortes evidências do emprego de parâmetros acústicos na distinção do contraste investigado^{15,18,20-24}. Acredita-se que este estudo também possa confirmar essa caracterização a partir dos dados analisados, além da possibilidade de poder relacionar ambos os achados, acústicos e articulatorios;
- (ii) Acredita-se que os parâmetros adotados para a análise das imagens de ultrassonografia de língua também registrem a distinção do contraste entre oclusivas alveolares e velares, e;
- (iii) Índícios de marcação do contraste alvo também devem ser observados na fala de crianças com desvio fonológico. Assim, será possível confirmar também com o presente estudo, a existência de contrastes encobertos nos casos de alteração de fala.

A fim de testar as hipóteses descritas se objetivou:

- (i) Comparar os parâmetros acústicos de oclusivas alveolares *versus* velares, no grupo de crianças com DTF e no grupo de crianças com desvio fonológico (*voice onset time* (VOT); pico espectral e momentos espectrais relativos ao *burst* – centróide, variância, assimetria e curtose; transição consoante-vogal (CV) e; medidas de duração relativa da oclusão e do *burst*);
- (ii) Comparar os parâmetros articulatorios de oclusivas alveolares *versus* velares, também, em cada grupo investigado (proporção de eixos significantes da região anterior e posterior de língua e descrição das curvas de língua), e;

(iii) 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 (UFSM), 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 acerca da 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) da UFSM, todas as instituições localizadas na cidade de Santa Maria (RS).

Para a seleção dos sujeitos da pesquisa foram realizadas: entrevista e triagem fonoaudiológica.

A entrevista, enviada em forma de questionário aos pais quando a abordagem dos sujeitos foi realizada na escola ou realizada pessoalmente, buscou obter informações sobre a data e o local de nascimento; locais os quais já residiu; desenvolvimento linguístico e motor; histórico clínico e de bilinguismo, além da participação em terapia fonoaudiológica.

A triagem fonoaudiológica foi composta pelas avaliações miofuncional orofacial, de linguagem, voz e triagem auditiva.

A avaliação miofuncional orofacial foi embasada pela Avaliação Miofuncional Orofacial – Protocolo MBGR²⁵, adaptado e simplificado. Foram observados: aspecto, postura, tônus/tensão e mobilidade dos órgãos fonoarticulatórios (língua, lábios, bochechas, palato mole, palato duro e dentes) e suas funções (respiração, mastigação, deglutição e fala).

As avaliações de linguagem e voz foram realizadas por meio de fala espontânea e repetição. A fala espontânea foi coletada durante a narração de uma sequência lógica de quatro fatos ou durante uma conversa informal. A repetição de palavras foi realizada por meio de “Exame Articulatório”, que consiste na repetição de palavras balanceadas (com três possibilidades de ocorrências de todas as consoantes do Português Brasileiro (PB), nas diferentes posições na sílaba e na palavra). Os sujeitos foram orientados a repetir oralmente as palavras lidas pelo examinador, sem o auxílio da leitura labial.

Os sujeitos que apresentaram alteração na produção dos contrastes fônicos do PB foram submetidos ainda, à coleta de fala prevista na “Avaliação Fonológica da Criança” (AFC)²⁶, com o intuito de se obter a análise contrastiva dos sons da fala.

Para a análise perceptivo auditiva da voz foi aplicada a escala RASATI²⁷, a qual considera aspectos como: rouquidão, aspereza, soprosidade, astenia, tensão e instabilidade; e quatro níveis: normal, leve, moderado e intenso. Foi solicitado ao sujeito para que emitisse as vogais /a/ e /e/ prolongadas, além de uma amostra de fala espontânea.

A triagem auditiva consistiu da inspeção do meato acústico externo de ambas as orelhas e da pesquisa dos limiares auditivos por via aérea de 500 a 4000 Hz

testados a 20 dB NA (modo de varredura). Também foi testada a frequência de 6000 Hz em razão de alguns sons da fala serem detectados em frequências mais altas. Essa avaliação foi realizada em uma sala silenciosa, porém, não tratada acusticamente. Para a testagem dos limiares, utilizou-se o audiômetro *Interacoustics Screening Audiometer*, modelo AS208, devidamente calibrado.

Durante o transcorrer das avaliações citadas foram também observados aspectos sugestivos de comprometimento neurológico, cognitivo, psicológico e/ou emocional, como por exemplo, presença de incoerência, inadequação ou dificuldades nas respostas, dificuldade de articulação de origem neurológica (disartria ou dispraxia), comprometimento motor, excessiva falta de concentração, atenção ou falta de colaboração por parte do sujeito.

A amostra inicial deste estudo foi constituída por 84 crianças, dessas 62 foram excluídas devido a não apresentarem a faixa etária prevista no estudo (de quatro e oito anos e 11 meses); por conterem 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 anteriormente; por demonstrarem resistência às avaliações da triagem fonoaudiológica 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 realizada este estudo, como por exemplo, produção retroflexa ou produção vibrante múltipla da líquida /r/). Na presença de alterações na triagem fonoaudiológica foram realizados os encaminhamentos necessários a cada caso.

Com isso, a amostra total incluída na presente pesquisa constou dos dados de fala de 22 crianças, falantes monolíngues do PB, a qual foi dividida em dois grupos:

- (i) Grupo de crianças com DTF: 15 sujeitos; nove meninos e seis meninas; com idades entre quatro anos e sete meses e sete anos e cinco meses (M= cinco anos e sete meses; DP= 10,9 meses);
- (ii) Grupo de crianças com desvio fonológico: sete sujeitos; cinco meninos e duas meninas; com idades entre quatro anos e quatro meses e seis anos e dez meses (M= cinco anos e oito meses; DP= 10 meses). Todos os sujeitos desse grupo possuíam dificuldade na estabilização do contraste entre oclusivas alveolares e velares, conforme apontado em análise perceptivo auditiva da fala (seis deles apresentaram a estratégia de anteriorização de oclusivas velares e um a estratégia de posteriorização de oclusivas alveolares), sendo também identificadas outras dificuldades de produção do sistema fônico.

Para a gravação dos dados acústicos e de imagens de ultrassonografia de língua foram empregados 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, todas dissílabas, paroxítonas, com as

consoantes oclusivas em *onset* inicial e no contexto vocálico de /a/ – /'kapə/, /'tapə/, /'galə/ e /'darə/. Essas palavras foram extraídas ou embasadas pelos critérios de seleção de palavras apresentados no Instrumento de Avaliação de Fala para Análise Acústica (IAFAC)²⁸.

As palavras-alvo foram representadas por figuras e apresentadas por meio da tela do computador para a nomeação. Para facilitar a nomeação e se certificar que o sujeito identificava as palavras-alvo, anteriormente ao início da coleta foi apresentada a figura para o seu reconhecimento. Na sequência o sujeito foi instruído 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 articulatorio (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 esse 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 dos sujeitos. Os sujeitos foram orientados a nomear as figuras em padrão vocal habitual (intensidade, frequência e velocidade), sob a supervisão de uma das pesquisadoras (primeira autora do presente artigo) que também permanecia no interior da cabine. O tempo de coleta variou de 15 a 20 minutos, sendo 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* (*software* livre, disponível para *download* em <http://www.praat.org>).

Com a análise acústica foram analisados em *onset* inicial os registros acústicos de: VOT; pico espectral e momentos espectrais do *burst* (centróide, variância, assimetria e curtose); transição CV e; medidas de duração relativa da oclusão e do *burst*. A extração desses parâmetros foi realizada manualmente e seguiu alguns dos procedimentos descritos em outros trabalhos^{1,13,15,18,20,24,29} (Quadro 1).

Parâmetros Acústicos		Metodologia para extração dos valores
VOICE ONSET TIME	Oclusivas vozeadas	Extraídos do espectrograma com base na medida de duração compreendida entre a plosão e o primeiro pulso regular da vogal seguinte.
	Oclusivas não vozeadas	Foi coletada a medida compreendida entre o início da barra de sonoridade da consoante analisada (na grande maioria das vezes coincidente com o término do último pulso regular da vogal anterior da frase-veículo) até o registro inicial da plosão ou, o final da barra de sonoridade (nas produções em que a barra de sonoridade não preenchia todo o momento da oclusão).
PICO ESPECTRAL DO BURST		Refere-se à posição do pico de maior energia do espectro das frequências dadas pela <i>Fast Fourier Transform</i> (FFT). A FFT foi calculada para o intervalo entre a plosão e o início da vogal seguinte, após foi extraído manualmente o valor do maior pico espectral.
QUATRO MOMENTOS ESPECTRAIS DO BURST	Centróide	Para a obtenção dos valores dos quatro momentos espectrais primeiramente foi obtida a FFT dos sons investigados, também calculada a partir do intervalo entre a plosão e o início da vogal. Na sequência, foram extraídos automaticamente os valores dos quatro momentos espectrais por meio dos comandos do <i>software Praat</i> .
	Variância	
	Assimetria	
	Curtose	
TRANSIÇÃO CONSOANTE-VOGAL	Frequência de locus de F2	Foram extraídos manualmente os valores da frequência de locus do segundo formante (F2) no instante correspondente à transição do segmento investigado com a vogal que o segue.
MEDIDA DE DURAÇÃO RELATIVA DA OCLUSÃO E DO BURST		Foi realizado o cálculo da duração relativa da oclusão e do <i>burst</i> em relação à duração total das consoantes investigadas. A medida em questão foi obtida a partir da divisão do valor de duração absoluta das partes (oclusão e <i>burst</i>) do segmento oclusivo pela duração absoluta da oclusiva.

Quadro 1: Parâmetros considerados na análise acústica

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, guiou-se pelo registro acústico relativo ao final da segunda vogal da palavra “Fala” (último ciclo regular da vogal), ou seja, pelo início da oclusão, 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 uma 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^{32,33} foi realizado 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, são ofertados dois desvios padrão. Após foram comparadas duas *splines* média para cada um dos contrastes investigados ([t] x [k]; [t] x [g]; [d] x [k] e [d] x [g]), para isso foi aplicado um *Teste t* para cada eixo da *fan*, recurso também oferecido pelo *software*, com $p < 5\%$.

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 eixo excedente foi contabilizado como pertencente à região anterior. Assim, com a determinação do número total de eixos 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 significantes entre elas.

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 procedido do mesmo modo para a região posterior de língua. O cálculo da proporção de eixos significantes para cada uma das duas regiões foi realizado para cada sujeito do estudo. Posteriormente, esses valores foram submetidos ao tratamento estatístico dos dados, como ainda descrito nos métodos do estudo.

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

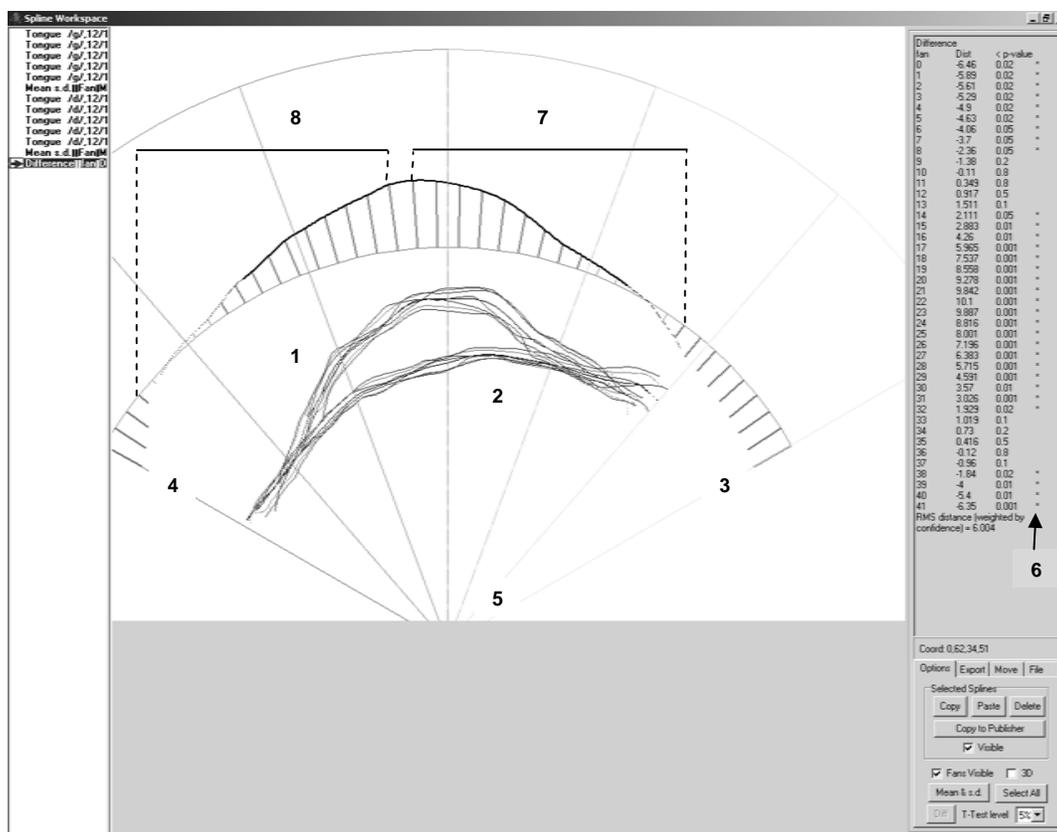


Figura 1: Janela do *Software Articulate Assistant Advanced (AAA)*

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.

O tratamento estatístico foi diferenciado para os dados acústicos e articulatórios. No caso da análise estatística dos parâmetros acústicos, essa foi conduzida a partir de uma série de ANOVA de Medidas Repetidas. O fator intra-grupo considerado foram as quatro consoantes e as três repetições e, o fator inter-grupo, o tipo de desenvolvimento da fala (crianças com DTF e crianças com desvio

fonológico). Foi também realizado o *Teste post hoc de Bonferroni*. Para isso, o *software* estatístico empregado foi o *Statística 7.0*, com $p < 0,05$.

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 $p > 0,05$. 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 aquelas amostras para as quais a hipótese de 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) e os valores de p considerados significantes foram menores do que 5%.

Quanto ao segundo parâmetro articulatório, a descrição das curvas de língua durante a produção das oclusivas [t], [d], [k] e [g], essa também foi realizada no ponto de máxima constrição 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)⁷.

RESULTADOS

Na Tabela 1 são apresentados alguns valores descritivos (média e desvio padrão) de cada parâmetro acústico pesquisado, para os dois grupos do estudo.

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
Centróide (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 <i>Burst</i> (%)	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.

A Tabela 2 apresenta os resultados obtidos com a aplicação da ANOVA de Medidas Repetidas de todos os parâmetros da análise acústica.

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	
	Adultos X DTF					
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
Centróide	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 <i>Burst</i>	F(1,20)= 0,2011	p= 0,65	F(3,60)= 19,6162	p≤0,01*	F(3,60)= 22,7842	p≤0,01*

Legenda: VOT – *Voice onset time*; DTF – Grupo de crianças com Desenvolvimento Típico de Fala; * - resultados estatisticamente significantes.

Teste estatístico = Análise de Variância de Medidas Repetidas, com $p < 0,05$.

Seis (o pico espectral, o centróide, a variância, a assimetria, a curtose e a transição CV) dos nove parâmetros acústicos investigados não mostraram efeito para o grupo, ou seja, esses parâmetros não mostraram distinções acústicas estatisticamente significantes entre crianças com DTF e crianças com desvio fonológico.

Entretanto, para a comparação entre as consoantes oclusivas foram observadas diferenças estatisticamente significantes, independentemente do tipo de grupo, apenas para os valores dos quatro momentos espectrais (centróide, variância, assimetria e curtose).

Verificou-se ainda, que três dos parâmetros acústicos pesquisados evidenciaram diferenças entre as oclusivas dependentes do tipo de grupo, ou seja, crianças com DTF e com desvio fonológico distinguiram os segmentos oclusivos de maneira distinta por meio dos parâmetros de VOT e dos dois valores de duração relativa.

Uma série de análise *post hoc* também foi realizada com o intuito de verificar a diferença entre as consoantes e a diferença entre as consoantes em função do grupo (para os parâmetros em que a interação consoante/grupo se mostrou significativa).

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 Tabela 3 apresenta a análise *post hoc* dos parâmetros acústicos que não apresentaram significância estatística para a interação consoante/grupo. As significâncias estatísticas observadas sinalizaram para a marcação do contraste tanto entre oclusivas alveolares e velares, como do contraste entre oclusivas vozeadas e não vozeadas.

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]
Centróide	1,00	0,48	$p \leq 0,01^*$	1,00
Variância	1,00	$p \leq 0,01^*$	$p \leq 0,01^*$	1,00
Assimetria	0,06	1,00	$p \leq 0,01^*$	0,05
Curtose	0,14	1,00	$p \leq 0,01^*$	0,06

Legenda: * - resultados estatisticamente significantes.
 Teste estatístico = *Post hoc* de Bonferroni, com $p < 0,05$.

No caso do VOT, outro teste *post hoc* revelou para ambos os grupos diferença estatisticamente significativa nas comparações [t] x [g] e [d] x [k] ($p \leq 0,01^*$). Para o parâmetro de duração relativa da oclusão foi observada significância estatística entre a comparação de oclusivas alveolares e velares somente para o grupo com DTF, para os pares [t] x [k] e [d] x [k] ($p \leq 0,01^*$). Os mesmos resultados foram constatados para o parâmetro de duração relativa do *burst* ($p \leq 0,01^*$). Novamente, foi evidenciada a distinção do contraste alveolar/velar e voz.

O efeito entre as repetições das consoantes não mostrou nenhuma significância estatística, para nenhum dos nove parâmetros acústicos na amostra estudada.

No que se refere à segunda análise instrumental de fala, a análise articulatória, foi realizada a comparação entre a proporção de eixos significantes da região anterior de língua e a proporção de eixos significantes da região posterior de língua, para os dois grupos do estudo (crianças com DTF e crianças com desvio fonológico).

Na Tabela 4 constam os dados das crianças com DTF. Foi observada diferença estatisticamente significativa entre as regiões anterior e posterior de língua somente na comparação dos contrastes [t] x [k] e [t] x [g]. Sendo que a maior média percentual de eixos significantes foi encontrada na região anterior de língua.

Tabela 4: Comparação entre as proporções de eixos significantes da região anterior e posterior de língua, no grupo de crianças com desenvolvimento típico de fala

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

Legenda: M – Média; DP – desvio padrão; * - resultados estatisticamente significantes;
 Teste estatístico utilizado – *Teste de Wilcoxon*, com $p < 0,05$.

Na Tabela 5 são apresentados os resultados para o grupo de crianças com desvio fonológico. Para esses sujeitos não foi constatada diferença estatisticamente significativa entre as regiões anterior e posterior de língua para nenhum dos contrastes investigados. Na comparação desses contrastes se verificou maior média percentual de eixos significantes na região anterior de língua, somente para as relações [t] x [g] e [d] x [k].

Tabela 5: Comparação entre as proporções de eixos significantes da região anterior e posterior de língua, no grupo de crianças com desvio fonológico

Contrastes	Região da língua		p-valor
	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

Legenda: M – Média; DP – desvio padrão;
 Teste estatístico utilizado – *Teste t pareado*, com $p < 0,05$.

A comparação dos dois grupos em relação à proporção de eixos significantes foi realizada por meio do Teste estatístico de *Mann-Whitney*. 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, foi verificada diferença estatisticamente significativa ($p < 0,05$) entre as crianças com DTF e as crianças com desvio fonológico, em todos os contrastes pesquisados ([t] x [k], [t] x [g], [d] x [k] e [d] x [g]). Na totalidade das comparações foi constatada maior média de eixos significantes para o grupo de crianças com DTF.

A seguir são ilustradas as *splines* de língua na comparação de cada um dos contrastes ([t] x [k], [t] x [g], [d] x [k] e [d] x [g]), para um sujeito de cada grupo investigado (Figuras 2 e 3).

As *splines* do grupo com DTF reforçam uma diferenciação entre os gestos de língua envolvidos na produção de oclusivas alveolares e velares. Ou seja, durante a produção de [t] e [d] é verificada uma elevação e anteriorização da ponta de língua. Contrariamente, para a produção de [k] e [g] a ponta de língua adota uma postura rebaixada, com elevação e posteriorização de seu dorso (Figura 2). Mesmo não sendo possível visualizar o contorno dos articuladores passivos por meio das imagens de ultrassonografia de língua, supõe-se a ocorrência de um gesto de grau fechado, característico dos sons oclusivos do PB.

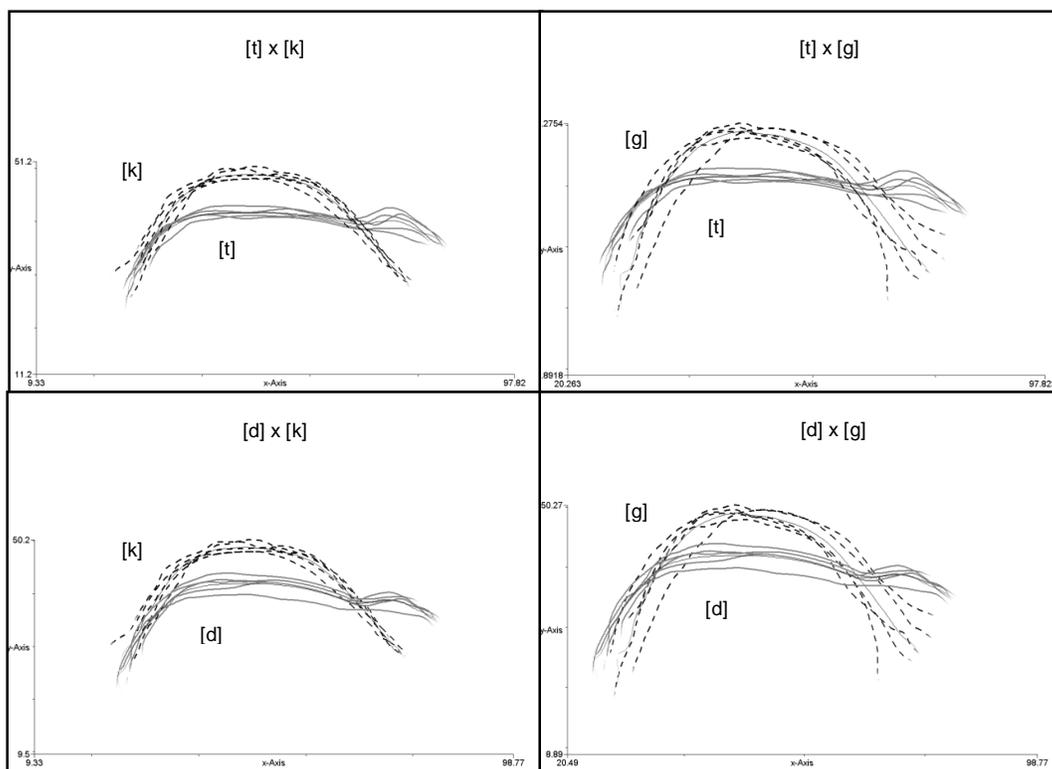


Figura 2: *Splines* de língua referentes a cada um dos contrastes investigados, produzidas por um sujeito do grupo de crianças com desenvolvimento típico de fala da pesquisa

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.

Para o grupo com desvio fonológico foi observada uma menor diferenciação entre as *splines* das oclusivas alveolares e velares, corroborando em partes com os resultados apresentados na Tabela 5. 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 constrição alveolar, porém, essas produções não foram resgatadas por meio de análise perceptivo auditiva (Figura 4).

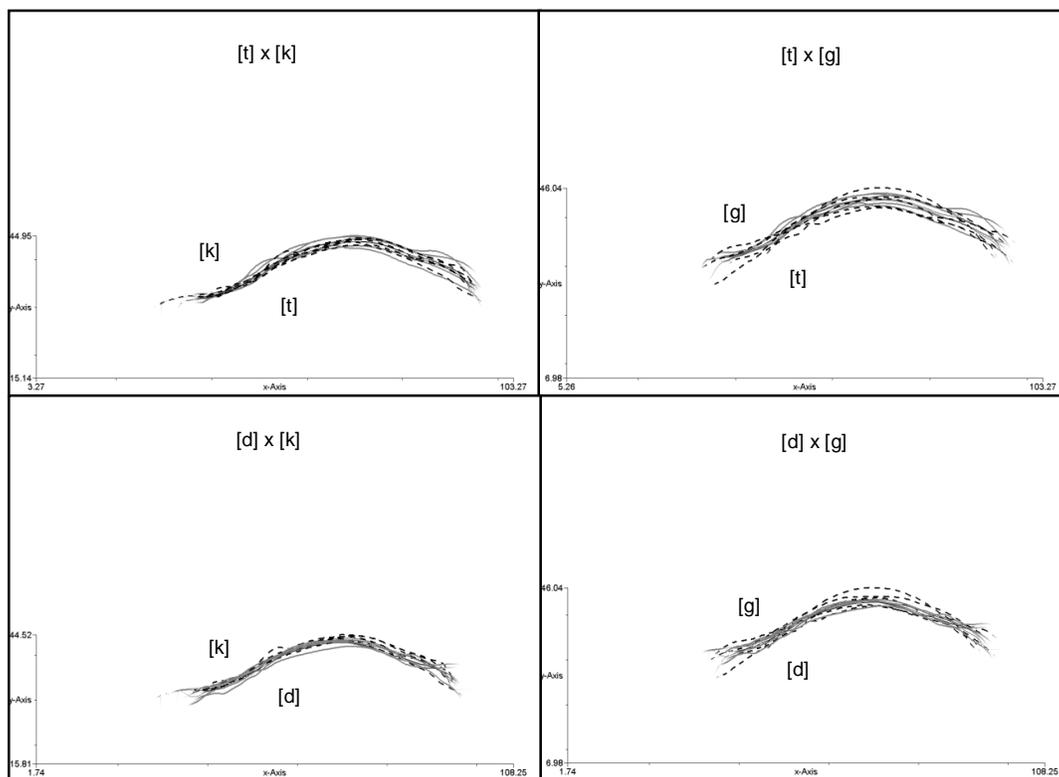


Figura 3: *Splines* de língua referentes a cada um dos contrastes investigados, produzidas por um sujeito do grupo de crianças com desvio fonológico da pesquisa

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.

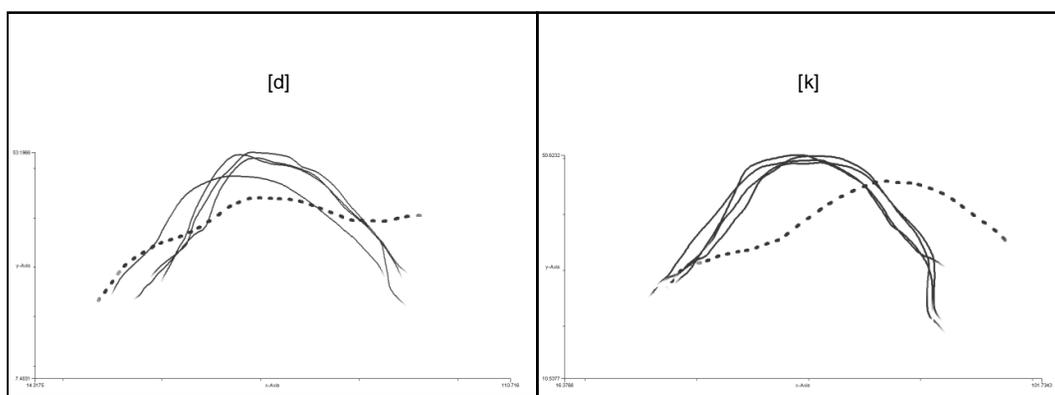


Figura 4: *Splines* de língua referentes à produção das oclusivas [d] e [k] de um sujeito com desvio fonológico e utilização da estratégia de posteriorização de alveolares em sua fala

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

DISCUSSÃO

As áreas da Linguística e da Fonoaudiologia há bastante tempo se apoderam de análises instrumentais para apurar e explicar diversos eventos de fala. A análise acústica vem sendo usada há mais tempo que a análise articulatória, e vem demonstrando e comprovando sua aplicabilidade na interpretação dos contrastes fônicos das mais variadas línguas^{1-3,6,13,14,17,18,20-24,29,30,34,35}. 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 centróide, variância, assimetria e curtose.

No entanto, os parâmetros de VOT e durações relativas da oclusão e do *burst* demonstraram ser empregados de modo distinto entre crianças com e sem alteração de fala. As durações relativas de ambas as porções das oclusivas apresentaram diferença estatisticamente significativa entre pares de oclusivas alveolares *versus* velares somente para o grupo com DTF.

Em outro estudo²⁹ do PB foi observado para um falante adulto a aplicação das características espectrais do *burst* (pico espectral, centróide, variância, assimetria e curtose), da transição CV e das características temporais de [t] e [k], na diferenciação do contraste fônico entre essas consoantes. Porém, foi verificado para as crianças com desvio fonológico a utilização de parâmetros acústicos menos robustos (nesse caso, a variância e a curtose) na distinção de oclusivas alveolares e velares e/ou, o uso de parâmetros acústicos primários, contudo, com uma magnitude insuficiente para ser apreendida pelo ouvido humano.

O VOT não foi investigado na pesquisa citada anteriormente. Entretanto, sabe-se que esse parâmetro também pode ser utilizado para a distinção de [t], [d], [k] e [g]. Em outro trabalho²⁴, o VOT foi relacionado à marcação do contraste de vozeamento na fala de crianças com DTF, entretanto, não demonstrando o mesmo resultado na fala de crianças com desvio fonológico. Foi relatada^{34,35} também a sua utilização para a distinção de ponto de articulação, nesse caso, durante a produção de crianças com e sem queixa fonoaudiológica. Na presente pesquisa o VOT apresentou diferenças estatisticamente significantes entre oclusivas alveolares *versus* 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 *versus* 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 PB²⁹. Esse fato reforça a proposição de que o emprego de pelo menos um parâmetro relativo às principais características de um dado segmento, com uma magnitude satisfatória, já seria fundamental para ofertar a distinção auditiva entre consoantes distintas¹⁵. Mas ainda, esse achado remete a uma tendência maturacional do controle motor da fala^{30,31}, sugerindo que crianças com DTF estariam em processo de estabilização dos gestos articulatórios representantes do padrão da língua.

Quanto à comparação dos parâmetros acústicos de crianças com DTF e desvio, os resultados da presente pesquisa não apresentaram diferenças

estatisticamente significantes entre os dois grupos para seis dos parâmetros acústicos estudados. Logo, inferências em torno de estados gradientes na fala infantil novamente parece se confirmar.

A ideia de uma completa distinção, com base em unidades categóricas, entre os contrastes fônicos de crianças com e sem desvio fonológico tem sido refutada por meio de dados de análise acústica, inclusive com relação à investigação do contraste entre oclusivas alveolares e velares^{15,21}.

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. Portanto, a aparente perda de contraste de ponto articulatorio pode-se tratar, na verdade, da ocorrência de contrastes encobertos¹⁵. A dificuldade de uma criança com desvio fonológico pode estar relacionada à complexa tarefa de traduzir o conhecimento fonológico em uma ação motora apropriada²⁰. Porém, a presença de um conhecimento produtivo, subfonêmico, não pode ser ignorada.

Portanto, as tentativas das crianças com alteração de fala em marcar o contraste fônico alvo 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)²⁰.

Além do mais, também se faz necessário destacar que tanto as crianças com desvio fonológico parecem estar diferenciando oclusivas alveolares e velares de forma encoberta, como, também, 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 convirjam para uma zona próxima, fazendo com que a análise acústica não consiga detectar de modo eficaz as diferenças entre esses dois grupos.

A análise articulatória com o auxílio das imagens de ultrassonografia de língua foi identificada como uma boa técnica para explorar aspectos do desenvolvimento de gestos precoces em crianças bastante jovens, na faixa etária de dois anos de idade³⁶. Do mesmo modo, também se observou a eficácia dessa técnica no presente artigo.

A proporção de eixos significantes das regiões anterior e posterior de língua foi uma metodologia de análise quantitativa inovadora empregada neste estudo, nunca antes aplicada em trabalhos da área. A comparação entre as duas regiões de língua mostrou diferenças estatisticamente significantes no grupo com DTF, especificamente para os contrastes [t] x [k] e [t] x [g], com a ocorrência de maior média percentual na região anterior de língua.

Alguns pesquisadores³³, ao estudar a constrição retroflexa a partir de outra medida quantitativa de ultrassom, dentre as poucas citadas na literatura, observaram um maior deslocamento da lâmina da língua (ou da região anterior mais visível da língua) no *frame* de máxima constrição, em comparação a outras duas regiões da língua, nomeadas o corpo anterior e o corpo posterior.

Embora seja necessário ter cautela ao se fazer generalizações para um dado contraste do PB, o resultado deste estudo fornece 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.

No que se refere às crianças com desvio fonológico, o parâmetro de proporções de eixos significantes das regiões anterior e posterior de língua não

mostrou diferenças significantes entre as duas regiões durante a produção de oclusivas alveolares e velares.

Ao comparar as proporções de eixos significantes das regiões anterior e posterior de língua, entre os grupos deste estudo, foram observadas diferenças significantes entre crianças com DTF e com desvio fonológico, em todos os pares de oclusivas pesquisados.

Outra investigação articulatória presente na literatura³⁷, nesse caso com o auxílio da eletropalatografia, também relatou diferenças entre falantes com e sem alteração de fala. O estudo citado concluiu que crianças com desordens dos sons da fala apresentam um contato mais amplo entre a língua e o palato durante a produção de consoantes alveolares, do que crianças com produções típicas dos sons alvos. Os autores justificaram tal resultado com base na ocorrência de gestos indiferenciados.

Com isso, o parâmetro articulatório adotado nesta pesquisa não identificou 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, opta-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, poderia se supor uma superioridade da análise acústica na apreensão de gestos encobertos nos dados e análises aqui considerados, concordando com os achados de outro trabalho³⁸.

Contudo, é possível que para certas distinções, como o contraste de ponto articulatório, o contraste esteja sendo marcado em um domínio (ou parâmetro) não medido. O emprego de contraste encoberto foi observado em dados do Inglês³⁸, 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 do grupo 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 que a análise acústica não tenha apontado diferenças estatisticamente significantes entre os grupos (mostrando que de alguma forma eles se aproximam), mas, ao mesmo tempo, a análise articulatória mostrou uma distinção que foi relacionada ao ponto de máxima constrição de língua. Talvez esse seja justamente o momento da trajetória articulatória que a percepção auditiva se ancore, ignorando variações temporais mais sutis, que foram detectadas na análise acústica.

Outra análise das imagens de ultrassom de língua realizada se refere à inspeção visual das curvas ou, *splines* de língua, no ponto de máxima constrição. Para as crianças sem alteração de fala foi constatado durante a produção de [t] e [d], o gesto de elevação e anteriorização da ponta de língua no interior da cavidade oral. Em contraponto, para [k] e [g], o gesto articulatório observado se refere à elevação e posteriorização do dorso de língua. Tal descrição concorda com os dados de uma criança com desenvolvimento típico de linguagem, também do PB¹⁹.

Visualmente as curvas de língua do grupo com desvio fonológico também não apontou uma diferenciação evidente entre as constrições alveolares e velares. Todavia, 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.

Outra pesquisa¹⁹ ao investigar substituição de /k/→[t] identificada auditivamente, constatou com as imagens de ultrassonografia a presença de dois gestos simultâneos (de ponta e dorso de língua), sugerindo uma sobreposição de gestos de mesmo subsistema, mas com variáveis de trato distintas. Nesse 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 parecem não corresponder a substituições categóricas. Tais substituições deveriam equivaler a uma diminuição completa do gesto pretendido, acompanhada por uma intrusão total do gesto errôneo/substituído¹². Esse fenômeno não pôde ser observado em alguns dos dados deste estudo, em que se observou uma aparente diminuição na magnitude do gesto de dorso de língua durante a produção da estratégia de anteriorização de velares, bem como, pelos momentos de instabilidades verificados durante a produção do único sujeito com o emprego da estratégia de posteriorização de alveolares.

Informações qualitativas das curvas de língua também foram estudadas na fala de crianças com erros de fala persistentes³⁹ e de sujeitos com fissuras palatinas¹⁶. No primeiro estudo citado³⁹ foi enfatizada a possibilidade da utilização das imagens de ultrassonografia de língua como um recurso terapêutico eficaz por meio do *feedback* visual. E a segunda pesquisa¹⁶ apontou a relevância do emprego do ultrassom durante a análise de fala, inclusive na detecção de movimentos articulatorios encobertos. Ratificando os méritos desse tipo de análise instrumental de fala, também priorizada neste trabalho.

Em relação às limitações da presente pesquisa, cita-se: a ausência de um parâmetro articulatorio dinâmico, que considere o ajuste de tempo e a trajetória dos gestos articulatorios; da associação das imagens de ultrassom de língua a outro instrumento de análise articulatoria, como a eletropalatografia ou a eletroglotografia; de uma investigação das consoantes oclusivas em outros contextos vocálicos, posição silábica e ou tonicidade; bem como, de dados quantitativos que permitam a comparação direta entre as análises acústica e articulatoria dos movimentos de língua.

Entretanto, essa e todas as outras constatações deste estudo pretendem, acima de tudo, incentivar e, principalmente, instigar novas pesquisas relacionadas aos aspectos típicos e atípicos do desenvolvimento dos contrastes fônicos da fala.

CONCLUSÃO

O estudo aqui realizado forneceu resultados importantes para a discussão de suas hipóteses norteadoras, bem como, para resolução de seus objetivos.

Primeiramente, os parâmetros acústicos investigados forneceram evidências acerca do contraste fônico entre oclusivas alveolares e velares na amostra estudada.

Do mesmo modo, as proporções de eixos significantes das regiões anterior e posterior de língua, também evidenciaram distinções entre as duas regiões na marcação do contraste de ponto articulatorio dos segmentos oclusivos. Porém, a exceção é centrada nos dados de crianças com desvio, as quais não apresentaram diferenças significantes entre os pares de oclusivas.

A inspeção visual das curvas de língua durante a produção das consoantes alvos proporcionou a apreensão dos distintos gestos articulatórios gerados durante as constrictões alveolares e velares. Mesmo que de forma mais sutil para as crianças com desvio fonológico, por meio da descrição das curvas de língua foi sugerida uma diminuição na magnitude do gesto de dorso de língua durante a produção dos segmentos oclusivos velares.

Resumidamente, as comparações entre o desenvolvimento típico e desviante possibilitaram a observação das duas maiores constatações desta pesquisa:

- (i) A noção de um refinamento articulatório nas produções de crianças com DTF e;
- (ii) 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 (SP): Universidade Estadual de Campinas. Instituto de Estudos da Linguagem. Departamento de Linguística; 2012.
3. Rinaldi LC. Procedimentos para a Análise de Vogais e Obstruintes na Fala Infantil do Português Brasileiro [dissertação]. Campinas (SP): Universidade Estadual de Campinas. Instituto de Estudos da Linguagem; 2010.
4. McLeod S, Harrison LJ, McAllister L, McCormack J. Speech sound disorders in a community study of preschool children. *Am J Speech Lang Pathol*. 2013;22(3):503-22.
5. Macrae T, Tyler AA. Speech abilities in preschool children with speech sound disorder with and without co-occurring language impairment. *Lang Speech Hear Serv Sch*. 2014;45(4):302-13.
6. 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 Ling Phon*. 2010;24:245-60.
7. Browman C, Goldstein L. Articulatory Phonology: an overview. *Phonetica*. 1992;49:155-80.
8. Albano EC. O gesto e suas bordas: esboço de fonologia acústico-articulatória do Português Brasileiro. Campinas: Mercado das Letras-Associação de Leitura do Brasil – ALB; 2001.
9. Macken M, Bartoan D. The acquisition of the voicing contrast in English: a study of voice onset time in word initial stop consonants. *J Child Lang*. 1980;7(1):41-74.
10. Gibbon FE. Undifferentiated lingual gestures in children with articulation/phonological disorders. *J Speech Lang Her Res*. 1999;42(2):382-97.
11. Pouplier M, Goldstein L. Asymmetries in the perception of speech production errors. *J Phon*. 2005;33:47-75.
12. Goldstein L, Pouplier M, Chen L, Saltzman E, Byrd D. Dynamic action units slip in speech production errors. *Cognition*. 2007;103(3):386–412.
13. Freitas MC. Aquisição de contrastes entre obstruintes coronais em crianças com padrões fônicos não esperados para sua faixa etária. [dissertação]. Campinas (SP): Universidade Estadual de Campinas. Instituto de Estudos da Linguagem. Departamento de Linguística; 2007.
14. 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;11:122-34.
15. 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.
16. Bressmann T, Radovanovic B, Kulkarni GV, Klaiman P, Fisher D. An ultrasonographic investigation of cleft-type compensatory articulations of voiceless velar stops. *Clin Ling Phon*. 2011;25(11-12):1028-33.
17. Schliemann LRR. Contraste de vozeamento por crianças entre 6 – 8 anos - uma abordagem dinâmica [dissertação]. Campinas (SP): Universidade Estadual de Campinas. Instituto de Estudos da Linguagem; 2011.
18. Berti LC, Ferreira-Gonçalves G. A aquisição do contraste /t/ e /k/ sob a ótica dinâmica. *Rev ABRALIN*. 2012;2:139-96.

19. 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 articulatórios: sons, gestos e imagens. Pelotas: Editora UFPel; 2013. p. 127-44.
20. Tyler AA, Edwards M, Saxman J. Acoustic validation of phonological knowledge and its relationship to treatment. *J Speech Hear Res.* 1990;55:251-61.
21. Forrest K, Weismer G, Elbert M, Dinnsen DA. Spectral analysis of target-appropriate /t/ and /k/ produce by phonologically disordered and normally articulating children. *Clin Ling Phon.* 1994;8(4):267-81.
22. Kim M, Stoel-Gammon C. The acquisition of Korean word-initial stops. *J Acoust Soc Am.* 2009;125(6): 3950-61.
23. Theodore RM, Miller JL, DeSteno D. Individual talker differences in voice-onset-time: contextual influences. *J Acoust Soc Am.* 2009;125(6):3974-82.
24. 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.
25. Genaro KF, Berretin-Felix G, Rehder MIBC, Marchesan IQ. Avaliação miofuncional orofacial – protocolo MBGR. *Rev CEFAC.* 2009;11(2):237-55.
26. Yavas M, Hernandorena CLM, Lamprecht RR. Avaliação fonológica da criança: reeducação e terapia. Porto Alegre: Artmed; 2001.
27. Pinho SMR, Pontes P. Músculos Intrínsecos da Laringe e Dinâmica Vocal. Rio de Janeiro: Revinter; 2008.
28. 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.
29. 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.
30. Cristofolini C, Seara IC. Características acústicas de consoantes plosivas e fricativas produzidas por crianças de 6 e 12 anos: período de refinamento articulatório? *Verba Volant.* 2012;3(1):55-71.
31. 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: 375-92.
32. 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.
33. Kochetov A, Sreedevi N, Kasim M, Manjula R. Spatial and dynamic aspects of retroflex production: na ultrasound and EMA study of Kannada geminate stops. *J Phon.* 2014;46:168-84.
34. 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.
35. Rinaldi L, Albano E. Contrastes em estabilização em crianças sem queixas fonoaudiológicas. *Verba Volant.* 2012;3(1):1-23.
36. 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;41:281-95.

37. Lee A, Gibbon FE, O'Donovan C. Tongue-palate contact of perceptually acceptable alveolar stops. *Clin Ling Phon.* 2013;27(4):312-21.
38. Byun TM, Buchwald A, Mizoguchi A. Covert contrast in velar fronting: An acoustic and ultrasound study. *Clin Ling Phon.* 2015;1:1-27.
39. Cleland J, Scobbie JM, Wrench AA. Using ultrasound visual biofeedback to treat persistent primary speech sound disorders. *Clin Ling Phon.* 2015;29(8-10):575-97.

4 ARTIGO DE PESQUISA 3

Imagens de ultrassonografia de língua e a terapia de fala dos desvios fonológicos

Ultrasound tongue imaging and phonological disorders therapy

Resumo

O objetivo geral deste estudo foi investigar a aplicabilidade e eficácia do *feedback* visual da ultrassonografia, bem como, da análise articulatória, durante a terapia dos desvios fonológicos. Três crianças com diagnóstico de desvio fonológico foram incluídas no estudo, todas elas empregavam a estratégia de anteriorização de oclusivas velares em sua fala. Os procedimentos terapêuticos propostos foram embasados pela teoria da Fonologia Gestual, dois sujeitos foram tratados com o recurso do *feedback* visual e um não. Quanto aos resultados da pesquisa, tanto a análise perceptivo auditiva, como a articulatória, apontaram para a emergência de oclusivas velares a partir da terceira coleta de fala. Não foram encontrados achados relevantes que sinalizavam para uma superioridade do *feedback* visual para a superação da dificuldade de fala, assim como, os parâmetros articulatórios não se mostraram mais sensíveis na detecção do contraste em construção. Incentivam-se novas pesquisas para a investigação da aplicabilidade de recursos tecnológicos na clínica fonoaudiológica.

Abstract

The aim of this study was to investigate the applicability and efficacy of ultrasound visual feedback and articulatory analysis in the treatment of phonological impairment. The sample consisted of three children diagnosed with phonological impairment, who displayed fronting of velar stops. All patients received a treatment protocol based on gestural phonology. However, two were also provided with visual ultrasound feedback while one was not. The results of perceptual and articulatory measures suggested that patients began to achieve the correct production of velar stops starting on the third phase of data collection. The use of visual feedback did not increase the effectiveness of treatment, and articulation parameters were no more sensitive than perceptual judgements in detecting changes in speech production. Additional study is required to examine the applicability of new technologies in the practice of clinical speech therapy.

Introdução

O desvio fonológico corresponde à grande parte das queixas na clínica fonoaudiológica. No Brasil, sua prevalência parece divergir na literatura (Cavalheiro, Brancalioni e Keske-Soares, 2012; Indrusiak e Rockenbach, 2012). Seu entendimento, métodos de avaliação e tratamento estão comumente relacionados a princípios teóricos de base.

Devido ao ouvido humano geralmente não ser capaz de apreender os estados intermediários entre dois segmentos contrastantes, o desvio fonológico passou a ser relacionado a substituições, omissões e/ou assimilações de sons (Stampe, 1973; Clements e Hume, 1995). No entanto, ao ter como referencial teórico a Fonologia Gestual (Browman e Goldstein, 1992; Albano, 2001), essa desordem de fala passa a ser associada também a estados gradientes. De todo modo, em ambas as visões teóricas é indiscutível o prejuízo do desvio fonológico no contraste de sons de uma determinada língua.

Para fins de identificar os contrastes em construção (contrastos encobertos), estudos guiados pela Fonologia Gestual vêm reforçando a necessidade da inclusão de métodos instrumentais na análise de fala (Browman e Goldstein, 1992; Albano, 2001; Falahati e Mielke, 2011; Berti e Ferreira-Gonçalves, 2012; Rinaldi e Albano, 2012).

Com isso, tem-se observado também uma busca crescente pela inclusão de um aparato tecnológico, como as imagens de ultrassonografia de língua para o *feedback* visual, durante todas as etapas da terapia de fala (Bernhardt et al., 2003; 2005; 2008; Adler-Bock et al., 2007; Modha, 2008; Bacsfalvi e Bernhardt, 2011; Lipetz e Bernhardt, 2013; Preston, Brick e Landi, 2013; Byun, Hitchcok e Swartz,

2014; Preston et al., 2014; 2015; Cleland, Scobbie e Wrench, 2015; Hitchcock e Byun, 2015).

Lipetz e Bernhardt (2013) utilizaram a intervenção com o ultrassom no atendimento a um caso de ceceo anterior. No estudo citado, a terapia foi planejada em duas fases, a primeira com a inserção de imagens de ultrassom e conscientização sobre a produção dos sons e, a segunda fase, com o trabalho direto da produção dos sons. As reavaliações realizadas durante o tratamento evidenciaram notável evolução na produção de todos os alvos de tratamento somente após a fase dois e, essas melhorias foram substancialmente mantidas após quatro meses do término da intervenção terapêutica. Dessa forma, os resultados sugeriram que a terapia tradicional foi mais eficaz do que a abordagem alternativa para o ceceo anterior. No entanto, a capacidade de auto-monitoramento, a aquisição rápida dos alvos e a manutenção após a intervenção, possivelmente, refletem o conhecimento (conscientização sobre as suas produções e informações articatórias) obtido na primeira fase do tratamento.

Bacsfalvi e Bernhardt (2011) pesquisaram o atendimento de adultos e adolescentes com deficiência auditiva. O trabalho para a adequação da fala foi acompanhado tanto pela ultrassonografia, como pela eletropalatografia. Foi realizado um estudo *follow-up*, com uma terceira avaliação realizada de dois a quatro anos após a intervenção de fala (os alvos de tratamento foram: fricativas, vogais e a rótica /ɹ/). Embasados pela análise de juízes, os autores observaram que cinco dos sete sujeitos avaliados continuaram apresentando generalizações após a terapia, ou mantiveram os níveis de produção correta dos sons. Mesmo apontando melhorias a serem realizadas para estudos futuros, concluíram que o uso do

feedback visual para a terapia de pessoas com prejuízo auditivo é capaz de propiciar avanços nas habilidades de comunicação oral.

No caso da apraxia de fala, Preston et al. (2015) empregaram o *feedback* da ultrassonografia para testar as hipóteses de: (i) o treinamento com ultrassom poderia levar a produções perceptualmente precisas do som-alvo; (ii) que também seriam observadas generalizações para palavras não treinadas em terapia e, além disso; (iii) que as pistas prosódicas facilitariam as generalizações em maior número do que a prática sem o suporte da prosódia. Quanto à primeira hipótese testada, foi constatado um nível de acurácia com o programa de tratamento planejado, porém, não foram observados avanços em relação a todos os sujeitos investigados e a todos os alvos de tratamento. As outras duas hipóteses não puderam ser comprovadas com a amostra do estudo. Portanto, o *biofeedback* da ultrassonografia não favoreceu a rápida aquisição ou generalização para os róticos em algumas crianças com apraxia de fala.

Uma das desordens bastante estudadas é o erro residual de fala. A eficácia terapêutica da inclusão do ultrassom como *feedback* visual desses pacientes tem sido testada e comprovada (Adler-Bock et al., 2007; Modha et al., 2008; Bernhardt et al., 2008; Preston et al., 2014; Hitchcock e Byun, 2015). As imagens de ultrassonografia de língua colaboraram para a precisão da produção de distintos alvos de tratamento. Preston et al. (2014) comentam que o fato de o sujeito poder observar diretamente a performance de sua habilidade contribui para o entendimento das pistas articulatórias instruídas pelo terapeuta.

A pesquisa de Bernhardt et al. (2008), também com erros residuais de fala, observou que após muito tempo de insucesso com a terapia tradicional, o emprego do ultrassom proporcionou melhoras rápidas na produção da fala e, com isso,

ofertou motivação para o paciente em relação à terapia. Os autores frisaram também que, embora o ultrassom não pareça ser essencial para o estabelecimento de um segmento, a prática com o *feedback* permitiu a ocorrência de produções mais consistentes do alvo e em diferentes contextos.

Assim, as tecnologias vêm sendo empregadas para modelar com precisão a posição da língua e seus movimentos e, para fornecer o *feedback* em tempo real das tentativas do próprio falante (Lipetz e Bernhardt, 2013).

Com a revisão da literatura acerca do *feedback* visual na terapia de fala, foram verificadas algumas lacunas no que diz respeito: (i) à investigação dessa possibilidade terapêutica nos casos de desvio fonológico e, principalmente, que não tivessem recebido terapia fonoaudiológica prévia; (ii) à comparação entre sujeitos tratados com e sem o uso desse recurso tecnológico; (iii) ao acompanhamento das evoluções terapêuticas por meio de reavaliações de dados articulatórios, uma vez que a maioria das pesquisas detém-se, exclusivamente, em dados de julgamento perceptivo auditivo; (iv) à pesquisa para falantes do Português Brasileiro (PB) e; (v) ao estudo da classe de sons das oclusivas, segmentos de aquisição inicial no PB, mas passíveis de serem acometidos nos desvios fonológicos.

Deste modo, as hipóteses geradas para a realização do estudo foram de que:

(i) A terapia de fala embasada pela Fonologia Gestual seja favorecedora para a aquisição e a estabilização do contraste investigado;

(ii) A terapia auxiliada pelo recurso do *feedback* visual proporciona uma aquisição mais rápida ou com maior evidência de produção correta dos alvos, devido a uma maior conscientização e auto-conhecimento acerca dos gestos articulatórios envolvidos na produção do contraste entre oclusivas alveolares e velares;

(iii) A análise articulatória, no caso, via imagens de ultrassom de língua, se mostra mais sensível na detecção do contraste em aquisição do que comparada à análise perceptivo auditiva. Este estudo acredita que muitas das substituições fônicas detectadas auditivamente nos dados de crianças com desvio fonológico tratam-se, na verdade, de contrastes encobertos. A identificação desse tipo de contraste só se torna viável com o auxílio de um aparato tecnológico, como a imagem de ultrassonografia do movimento de língua.

Com base no exposto, o objetivo geral da presente pesquisa foi investigar a aplicabilidade e a eficácia do *feedback* visual da ultrassonografia, bem como, da análise articulatória, durante a terapia dos desvios fonológicos. Os objetivos específicos foram:

(i) Acompanhar e descrever a produção do contraste entre oclusivas alveolares e velares durante a terapia de fala embasada pela Fonologia Gestual;

(ii) Comparar a terapia com e sem o emprego do *feedback* visual;

(iv) Pesquisar a estabilização da produção do contraste, por meio de avaliações e reavaliações de julgamento perceptivo auditivo e de dados articulatórios.

Métodos

Este trabalho foi realizado no Centro de Estudos de Linguagem e Fala (CELF) de uma Instituição de Ensino Superior do Brasil. Foi submetido ao Comitê de Ética em Pesquisa dessa instituição e aprovado sob o número 14973013.8.0000.5346. Salienta-se que a autorização dos responsáveis foi obtida por meio do Termo de

Consentimento Livre e Esclarecido, além disso, também foi respeitado o assentimento da criança acerca da sua participação no estudo.

Participantes

Participaram desta pesquisa três crianças com diagnóstico de desvio fonológico. No quadro 1 são apresentadas as informações de cada um dos sujeitos.

IDENTIFICAÇÃO DOS SUJEITOS	SEXO	IDADE NO INÍCIO DA TERAPIA	PCC-R ANTERIOR AO INÍCIO DA TERAPIA	SEGMENTOS NÃO ADQUIRIDOS NA PRIMEIRA ANÁLISE PERCEPTIVO AUDITIVA
S1	M	5:11	72% (DLM)	/k/, /g/, /z/, /ʒ/, /r/ em OM, /r/ em coda, [d ₃]
S2	F	4:11	67,3% (DLM)	/k/, /g/, /s/, /ʃ/, /ʒ/, /l/, /k/, /r/ em OM, /r/ em coda, [d ₃]
S3	F	5:11	75,3% (DLM)	/k/, /g/, /r/ em OM, /r/ em coda, /s/ em coda

Quadro 1. Caracterização dos sujeitos da pesquisa.

S1: sujeito 1; S2: sujeito 2; S3: sujeito 3; M: masculino; F: feminino; PCC-R: percentual de consoantes corretas revisado; DLM: desvio levemente moderado; OM: *onset* medial.

Todos os sujeitos eram falantes monolíngues do PB, estudantes de escolas públicas de ensino, não apresentavam alterações de audição, voz, do sistema miofuncional orofacial (que influenciasses na produção correta das oclusivas) ou de linguagem (com exceção da alteração na produção de alguns contrastes do PB, principalmente com relação aos sons-alvos da presente pesquisa – /k/ e /g/ – os quais, perceptivo auditivamente, sofriam o processo de anteriorização de oclusivas), além de nunca terem participado de terapia fonoaudiológica previamente.

Para a caracterização da amostra, os sujeitos passaram por algumas avaliações fonoaudiológicas iniciais: avaliação miofuncional orofacial, de praxias, de linguagem, voz e triagem auditiva. Também, foi realizada a “Avaliação Fonológica da Criança” (AFC), de Yavas, Hernandorena e Lamprecht (2001), com o intuito de descrever detalhadamente a porcentagem de produção dos segmentos consonantais.

Terapia de fala

As estratégias terapêuticas utilizadas foram guiadas por princípios teóricos da Fonologia Gestual (Freitas, 2007; 2012; Rodrigues, 2007; Hodson e Jardine, 2009; Schliemann, 2011), como os descritos a seguir:

(i) Preocupação com o contraste (Freitas, 2007; 2012; Rodrigues, 2007): enfatizar o fone “desviante”, com o contraponto do contraste que está sendo anulado/alterado. Para dar conta desse preceito as palavras-alvo enfocadas trataram-se de pares mínimos, contendo os contrastes /k/ x /t/ e /g/ x /d/, entre eles: /'komo/ x /'tomo/; /'kɔpo/ x /'tɔpo/; /'fɔko/ x /'fɔto/; /'sɛkə/ x /'sɛtə/; /'gẽⁿso/ x /'dẽⁿso/; /'figo/ x /'fido/;

(ii) Adoção de estratégias que valorizem a multimodalidade dos gestos articulatórios, ou seja, que englobe a integração sensorial com a participação de todos os sentidos (Freitas, 2007; Hodson e Jardine, 2009; Schliemann, 2011). Desse modo foram adotadas estratégias como: gravação de áudio durante a nomeação dos pares-mínimos para posterior julgamento perceptivo auditivo das próprias produções; discriminação auditiva do par-mínimo produzido pela terapeuta; identificação do gesto articulatório durante a produção da oclusiva, seja com o

auxílio de um espelho (no caso da terapia sem o *feedback* visual da ultrassonografia) ou das imagens de ultrassonografia do movimento de língua; utilização de uma espátula para sinalizar a região do palato com a qual os articuladores de língua fazem contato durante a produção das constrictões alveolares e velares e, a descrição das pistas articulatórias (local e grau de constrictão dos gestos articulatórios) fornecida pela terapeuta;

(iii) Adoção de estratégias de produção e percepção (Freitas, 2007; 2012; Rodrigues, 2007; Schliemann, 2011): uma terapia baseada nessa teoria não poderia conceber o trabalho desses aspectos de forma dissociada. Alguns exemplos dessas atividades foram citados no item anterior;

(iv) Conhecimento do funcionamento fonológico da criança (Rodrigues, 2007; Freitas, 2012): uma descrição detalhada e atenta do sistema fônico da criança é importante para definir os contextos fonéticos facilitadores para produção/percepção do contraste. Também se considera importante a identificação de produções gradientes, possibilitada pelo emprego de metodologias instrumentais. Por esse motivo o presente trabalho empregou, além da análise perceptual, a coleta de imagens de ultrassonografia de língua antes, durante e após a intervenção fonoaudiológica.

(v) Trabalho com o contraste em diferentes contextos de uso de fala (Hodson e Jardine, 2009; Freitas, 2012): centra-se para além da produção do contraste de maneira isolada ou em palavras, ou seja, focaliza também nos momentos de fala espontânea, para além do ambiente terapêutico. Em razão disto, as oclusivas alveolares e velares foram trabalhadas em sílabas (enfocadas no início do ciclo terapêutico, com o intuito de facilitar a identificação dos gestos articulatórios envolvidos na produção do contraste-alvo, para tanto também foram associadas a

um contexto linguístico e à representação por meio de figuras), pares mínimos e sentenças (sugeridas pela terapeuta ou inventadas pela própria criança). A figura 1 mostra as figuras representativas dos estímulos de fala (sílabas, pares mínimos e sentenças). Quanto à fala espontânea, durante a sessão terapêutica quando surgiam outras palavras contendo os segmentos oclusivos, a terapeuta reforçava o modelo correto de fala, através do reforço positivo. Os pais foram orientados a proceder da mesma forma durante a fala espontânea no ambiente familiar, não sendo fornecida nenhuma outra atividade para ser realizada em casa.

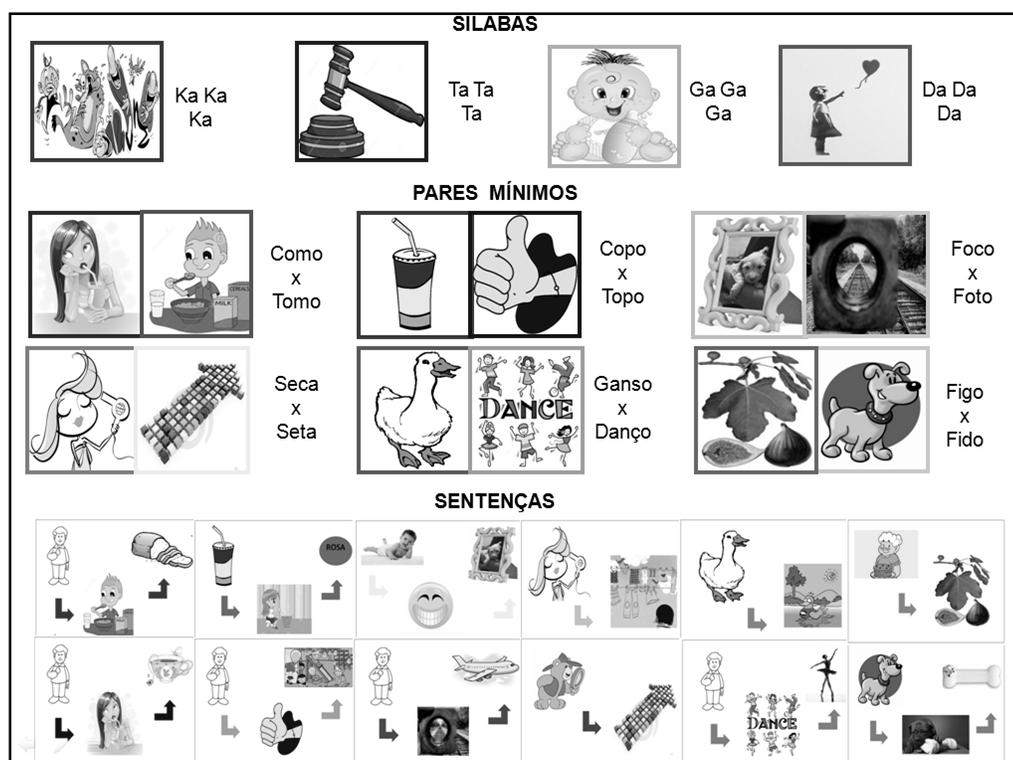


Figura 1. Figuras representativas dos estímulos utilizados durante a terapia de fala.

As estratégias terapêuticas mencionadas foram apresentadas às crianças por meio de atividades lúdicas (figura 2).



Figura 2. Exemplo de atividades lúdicas inseridas nas sessões de terapia (trilha, jogo da memória, bingo e dominó).

A terapia foi estruturada em sessões terapêuticas individuais, de 45 minutos cada, duas vezes por semana. A cada cinco sessões de terapia foi realizada uma nova coleta de fala, composta pela AFC (Yavas, Hernandorena e Lamprecht, 2001) e por uma gravação de áudio e vídeo (imagens de ultrassonografia de língua) durante a produção de palavras contendo as oclusivas /t/, /d/, /k/ e /g/, descrita detalhadamente na seção “Procedimentos para a coleta de dados articulatórios”.

A figura 3 apresenta a estruturação do processo terapêutico.

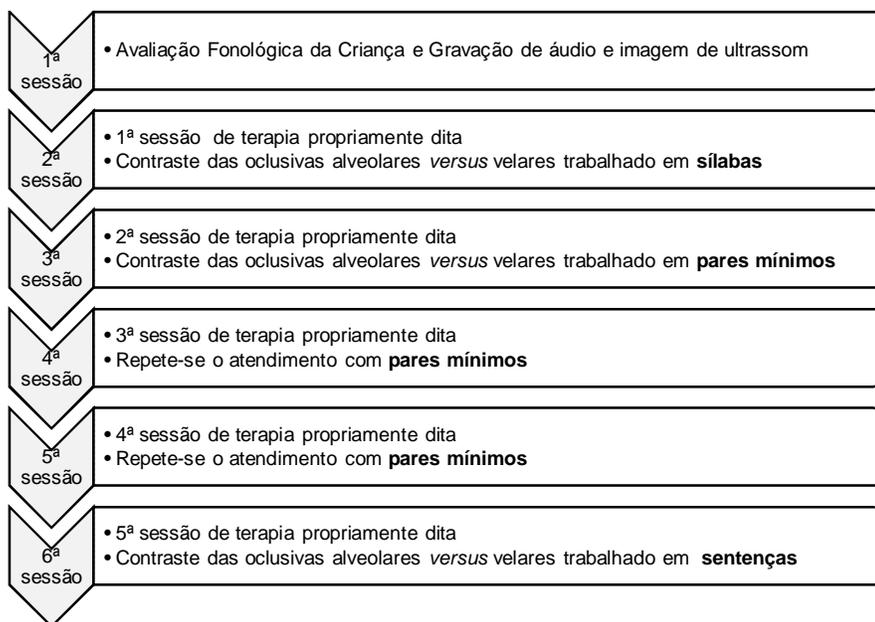


Figura 3. Estrutura do 1º ciclo de Terapia.

A terapia de fala permaneceu estruturada dessa forma durante 18 sessões (ou seja, três ciclos), uma vez que nenhuma das crianças incluídas na pesquisa apresentou 80% ou mais de produção correta do som-alvo (quantificado pela AFC), nas segunda e terceira reavaliações realizadas. Após, para os três sujeitos da pesquisa, a terapia de fala deu prosseguimento com o intuito de trabalhar os outros sons alterados na fala de cada sujeito.

A fim de comparar a terapia de fala com e sem o uso de *feedback* visual das imagens de ultrassom, a seleção de uma criança para a participação de um ou de outro grupo foi realizada com base nas características de sua fala e idade, na tentativa de harmonizar os dois grupos, mesmo que se reconheça que existam fatores individuais que não possam ser controlados (como por exemplo, interesse e disposição das crianças e de seus familiares). Com isso, o sujeito S1 não recebeu o *feedback* visual e os sujeitos S2 e S3 receberam.

Reforça-se que a produção das oclusivas alveolares e velares de S2 e S3 foi acompanhada pelas imagens do movimento de língua em dois momentos, no início e no final da sessão terapêutica. Portanto, para o *feedback* visual foi utilizada a sonda do ultrassom na região submandibular, em visão sagital, durante, aproximadamente, dez minutos iniciais e finais da sessão de terapia. Foram utilizadas as imagens de língua em tempo real, tanto da produção da própria criança, como da produção da terapeuta, durante a pronúncia dos diferentes estímulos linguísticos (sílabas, pares mínimos e sentenças), conforme o planejamento de cada sessão. Portanto, essa foi a única distinção entre os procedimentos terapêuticos de S1 e S2/S3.

Procedimentos para a coleta de dados articulatórios

Os equipamentos empregados para a gravação dos dados de áudio e vídeo foram: microfone (*Shure – SM48*); pedestal; transdutor endocavitário (*65C10EA – 5 MHz*) acoplado a um 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*).

O *corpus* utilizado para a coleta de dados perceptivos e articulatórios foi composto por quatro palavras do PB, todas dissílabas, paroxítonas, com as consoantes oclusivas em *onset* inicial e no contexto vocálico de /a/ (*/'kapə/, /'tapə/, /'galo/ e /'darə/*). Essas palavras foram extraídas ou embasadas pelos critérios de

seleção de palavras apresentados no Instrumento de Avaliação de Fala para Análise Acústica (IAFAC) (Berti, Pagliuso e Lacava, 2009).

O procedimento experimental consistiu em solicitar à criança seis repetições de cada uma das palavras no interior de uma frase-veículo (“Fala ____ de novo”). Para isso, as palavras do *corpus* foram representadas por figuras e apresentadas por meio da tela do computador para a nomeação. Para facilitar a nomeação e se certificar que o sujeito identificava as figuras, previamente ao início da coleta foi realizada uma tarefa de reconhecimento.

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 (*Articulate Instruments Ltd*). Para possibilitar a aquisição das imagens com o ultrassom, foi utilizado um gel para o contato do transdutor com a pele dos sujeitos. 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 cada coleta variou de 15 a 20 minutos.

Esse procedimento foi realizado quatro vezes durante a terapia de fala (avaliação inicial e reavaliações), como descrito:

- (i) Coleta 1: coleta inicial, anterior ao início dos procedimentos terapêuticos;
- (ii) Coleta 2: após cinco sessões de fonoterapia;
- (iii) Coleta 3: após dez sessões de fonoterapia e;
- (iv) Coleta 4: coleta final, após 15 sessões.

Análises

Tanto para a análise perceptual, como para a análise dos dados articulatórios, foram consideradas cinco repetições de cada palavra do corpus. Portanto, foram analisados um total de 240 segmentos oclusivos (4 palavras x 5 repetições x 3 sujeitos x 4 coletas = 240).

Análise perceptivo auditiva

A primeira análise diz respeito aos percentuais de produção correta das oclusivas [t], [d], [k] e [g], obtidos com a análise perceptivo auditiva das quatro coletas realizadas durante a terapia fonoaudiológica. Portanto, a mesma amostra de fala submetida à análise articulatória, também foi julgada perceptualmente. Para isso, o *software* AAA permite a extração dos arquivos em *Wave*.

Com o intuito de realizar a confiabilidade entre julgadoras, essa amostra de fala foi julgada pela fonoaudióloga responsável pela terapia e por mais duas julgadoras, também com experiência em transcrição fonética e não envolvidas no atendimento dos sujeitos da pesquisa. Essas duas outras julgadoras ouviram e julgaram as 240 frases-veículos incluídas na análise do estudo. Após ser contabilizado o percentual de concordância entre as três julgadoras no que diz respeito ao emprego do contraste alveolar *versus* velar, foi obtida a porcentagem de 99% de concordância.

Para a segunda análise qualitativa, a análise das generalizações estruturais alcançadas com a terapia de fala, foi realizada a comparação dos percentuais entre

a Avaliação Fonológica da criança/inicial (AFC/I) e Avaliação Fonológica da criança/final (AFC/F), obtidos com a análise perceptivo auditiva e análise contrastiva.

Dessa forma, a AFC/I corresponde à coleta inicial, anterior ao início dos procedimentos terapêuticos e, a AFC/F se refere à coleta final, realizada logo após o término da terapia. Os tipos de generalizações investigados foram:

(i) “A itens não utilizados no tratamento” (outras palavras): foram analisados os percentuais de produção correta de [t], [d], [k] e [g] em palavras diferentes dos pares mínimos estimulados em terapia;

(ii) “Para outra posição na palavra”: foram analisados os percentuais de produção correta de [t], [d], [k] e [g] na posição de *onset* medial (OM), posição silábica não estimulada em terapia e;

(iii) “Para outra classe de som”: foram analisados os percentuais de produção correta em outras classes de sons, as quais também não se encontravam adquiridas, além da classe das oclusivas.

A generalização para “dentro de uma classe de sons” não foi pesquisada, devido as oclusivas labiais, únicos segmentos da classe das oclusivas não estimulados durante a terapia, já estarem adquiridos antes do início do processo terapêutico.

Também foi realizada a confiabilidade entre julgadoras em relação à amostra da AFC. Para isso, a primeira julgadora (terapeuta responsável pela terapia) transcreveu todas as avaliações por completo e uma segunda julgadora, com experiência em transcrição fonética e não envolvida no processo terapêutico dos sujeitos da pesquisa, julgou, independentemente, 20% do total das amostras de fala obtidas durante a terapia. Posteriormente, foi contabilizada a porcentagem de concordância entre as julgadoras, sendo de 79% para a amostra da AFC.

Análise articulatória (Imagens de ultrassonografia de língua)

Como mencionado anteriormente, tanto a captação de áudio e imagens de ultrassom do movimento de língua, como a análise dessas imagens, foram realizadas com o uso do *Software AAA*. Destaca-se que a sincronização de áudio e vídeo foi realizada por meio da unidade *SyncBrightUp*.

Para a análise articulatória dos dados ultrassonográficos foram selecionados os instantes correspondentes à produção de cada segmento ([t], [d], [k] e [g]), ou seja, com base no espectrograma fornecido pelo programa, guiou-se pelo registro acústico relativo ao final da segunda vogal da palavra “Fala” (último ciclo regular da vogal) e ao início da oclusão, até o início da vogal seguinte à consoante oclusiva a ser analisada.

Na sequência procurou-se pelo instante de máxima elevação da língua durante a produção da oclusiva, método também empregado e citado por outros autores como o *frame* de máxima constrição (Kochetov et al., 2012; Kochetov et al., 2014) e, então, nesse momento foi realizado um traçado (*spline*) sob a superfície da língua, em corte sagital.

Foram excluídos da análise cinco segmentos oclusivos que apresentaram imagem pouco visível para alguma das partes da língua (anterior ou posterior).

Após traçar todas as *splines* para cada uma das cinco repetições da consoante oclusiva, foi calculado um valor médio independentemente para cada um dos 42 eixos ou raios da *fan* por meio de um comando do *software*, o qual fornece o desenho do contorno médio da língua com base nesses 42 pontos. Da mesma forma, são ofertados dois desvios padrão. Posteriormente, foram comparadas para cada sujeitos duas *splines* média para cada um dos contrastes investigados ([t] x [k]

e [d] x [g]), para isso foi aplicado um *Teste t* para cada eixo da *fan*, recurso também oferecido pelo *software*, com $p < 5\%$.

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 eixo excedente foi contabilizado como pertencente à região anterior. Assim, com a determinação do número total de eixos 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, portanto, aos eixos em que as duas curvas médias de língua (oclusiva alveolar x oclusiva velar) mostravam diferenças estatisticamente significantes entre elas.

Por fim, foi realizado o cálculo da proporção de eixos significantes de cada região. Esse cálculo foi realizado pela divisão do número de eixos significantes da região anterior de língua, pelo número total de eixos dessa mesma região e, então, multiplicado por 100. Esse procedimento foi conduzido de maneira semelhante com relação à região posterior de língua.

A figura 4 ilustra a janela do *software* com a comparação estatística entre duas *splines* média de língua e com a divisão das regiões anterior e posterior de língua.

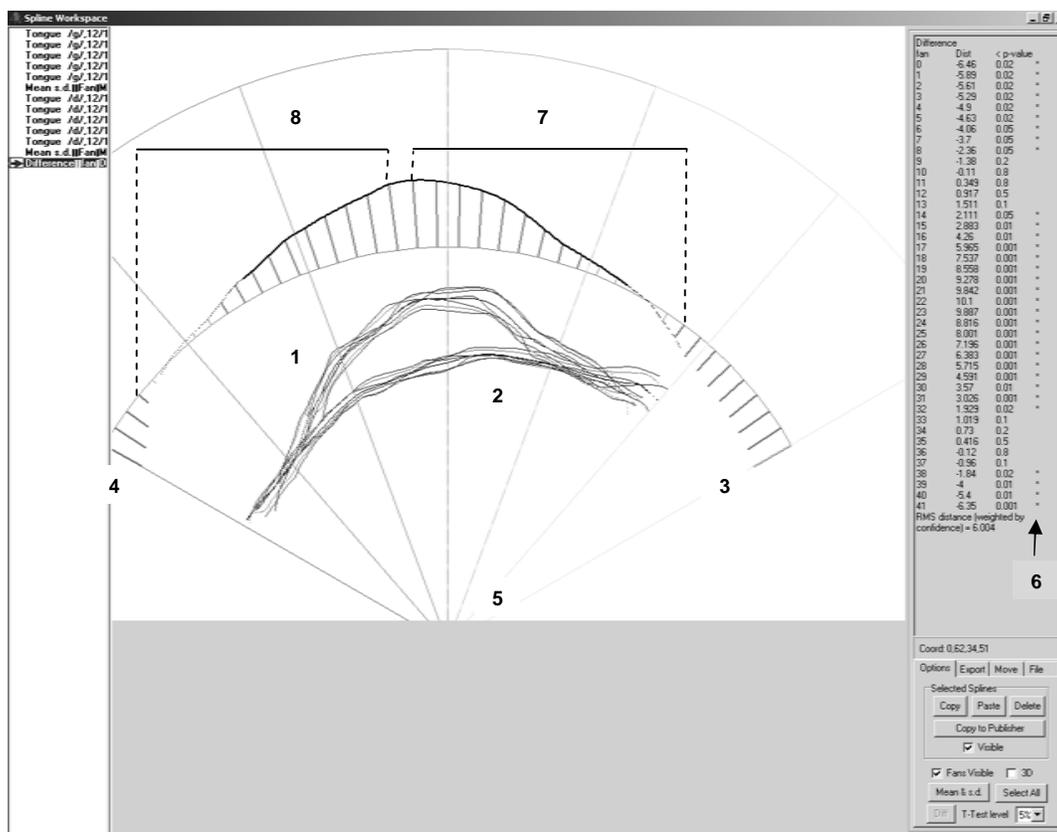


Figura 4. Janela do Software Articulate Assistant Advanced (AAA).

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.

Além da coleta de dados articulatórios quantitativos, também foi realizada uma descrição dos gestos de língua durante a produção das oclusivas [t], [d], [k] e [g]. A interpretação das imagens de língua foi embasada pelos descritores gestuais propostos pela Fonologia Gestual, esses por sua vez baseiam-se nas variáveis do trato, inicialmente descritas por Browman e Goldstein (1992). As variáveis consideradas foram:

- (i) Local de constrição da ponta da língua (LCPL)
- (ii) Grau de constrição da ponta da língua (GCPL);

- (iii) Local de constrição do corpo da língua (LCCL);
- (iv) Grau de constrição do corpo da língua (GCCL).

Resultados

Análise perceptivo auditiva

Em relação ao julgamento perceptivo da amostra de fala também submetida para análise articulatória, os três sujeitos da pesquisa apresentaram 100% de produção correta de [t] e [d], nas quatro coletas de fala (tabela 1).

O S2, tratado com o recurso do *feedback* visual do ultrassom, foi o primeiro sujeito a apresentar percentual de produção correta de consoantes velares durante o transcorrer da terapia. Porém, a estabilização da produção do contraste foi observada a partir da terceira coleta de fala, para todos os sujeitos do estudo e para as duas oclusivas [k] e [g] (exceto para a consoante [g], do S2, na coleta 3). Dados também apresentados na tabela 1.

Tabela 1. Dados referentes ao julgamento perceptivo auditivo da mesma amostra de fala submetida à análise articulatória, nas quatro coletas de fala realizadas durante a terapia.

SUJEITOS	OCCLUSIVA	C1	C2	C3	C4
S1	[t]	100%	100%	100%	100%
	[k]	0%	0%	100%	100%
	[d]	100%	100%	100%	100%
	[g]	0%	0%	100%	100%
S2	[t]	100%	100%	100%	100%
	[k]	0%	40%	50%	100%
	[d]	100%	100%	100%	100%
	[g]	0%	40%	100%	100%
S3	[t]	100%	100%	100%	100%
	[k]	0%	0%	100%	100%
	[d]	100%	100%	100%	100%
	[g]	0%	0%	80%	100%

S1: Sujeito 1; S2: Sujeito 2; S3: Sujeito 3; C1: Coleta 1; C2: Coleta 2; C3: Coleta 3; C4: Coleta 4.

A partir da comparação entre as análises perceptivo auditiva da AFC/I e AFC/F foi observada a alta ocorrência de “Generalização a itens não utilizados no tratamento” e “Generalização para outra posição na palavra”. Quanto ao terceiro tipo de generalização investigado, “Generalização para outra classe de sons”, foram verificados baixos percentuais de generalização, com exceção das líquidas laterais do S2 (tabelas 2, 3 e 4).

Tabela 2. Dados de "Generalização a itens não utilizados no tratamento".

Sujeitos	Oclusiva /k/			Oclusiva /g/		
	% Produção	% Produção	% de	%	%	% de
	Correta na	Correta na		Produção	Produção	
AFC/I	AFC/F	Generalização	Correta na	Correta na	Generalização	
				AFC/I	AFC/F	
S1	0	84	84	25	100	75
S2	0	100	100	29	89	60
S3	0	81	81	0	90	90

S1: Sujeito 1; S2: Sujeito 2; S3: Sujeito 3; AFC/I: Avaliação Fonológica da Criança Inicial; AFC/F: Avaliação Fonológica da Criança Final.

Tabela 3. Dados de "Generalização para outra posição na palavra".

Sujeitos	Oclusiva /k/ em OM			Oclusiva /g/ em OM		
	% Produção	% Produção	% de	%	%	% de
	Correta na	Correta na		Produção	Produção	
AFC/I	AFC/F	Generalização	Correta na	Correta na	Generalização	
				AFC/I	AFC/F	
S1	0	100	100	0	100	100
S2	36	100	64	25	100	75
S3	0	75	75	0	86	86

OM: Onset inicial; S1: Sujeito 1; S2: Sujeito 2; S3: Sujeito 3; AFC/I: Avaliação Fonológica da Criança Inicial; AFC/F: Avaliação Fonológica da Criança Final.

Tabela 4. Dados de "Generalização para outra classe de sons".

Sujeitos	Classe de sons	Sons não estimulados	% Produção Correta na AFC/I	% Produção Correta na AFC/F	% de Generalização	
S1	Fricativas	[z]	75	83	8	
		[ʒ]	55	55	0	
	Líquidas	[r] (onset simples)	0	0	0	
		[r] (coda)	0	0	0	
		Africada	[dʒ]	40	67	27
S2	Fricativas	[s]	76	94	18	
		[ʃ]	30	0	0	
		[ʒ]	30	0	0	
	Líquidas	[l]	31	100	69	
		[ʎ]	22	86	64	
		[r] (onset simples)	0	9	9	
		[r] (coda)	16	6	10	
		Africada	[dʒ]	67	100	33
S3	Líquidas	[r] (onset simples)	0	0	0	
		[r] (coda)	0	17	17	
	Fricativa	[s] (coda)	71	100	29	

S1: Sujeito 1; S2: Sujeito 2; S3: Sujeito 3; AFC/I: Avaliação Fonológica da Criança Inicial; AFC/F: Avaliação Fonológica da Criança Final.

Análise articulatória (Imagens de ultrassonografia de língua)

Ao confrontar o contraste de [t] versus [k] por meio de análise articulatória verificou-se que a proporção de eixos significantes, sinalizando para uma diferença entre as *splines* de língua, aumentou a partir da coleta 3 para todos os sujeitos investigados. Mesmo não tendo realizado a comparação estatística dos dados foi observada uma leve tendência de maior proporção de eixos significantes para os dois sujeitos tratados com o *feedback* visual da ultrassonografia (S2 e S3). Com relação às regiões anterior e posterior de língua, não foi observada uma distinção consistente entre elas (figura 5).

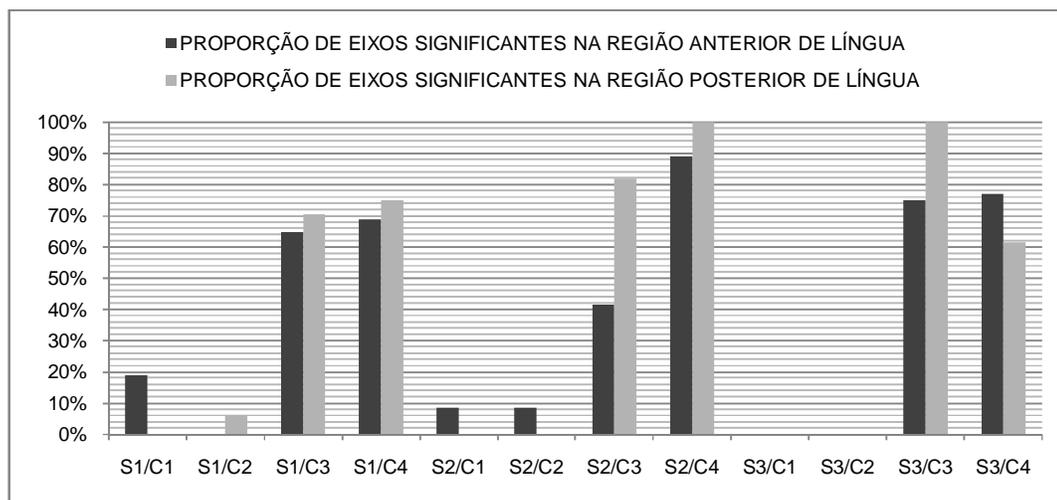


Figura 5. Dados articulatórios na comparação do contraste, [t] versus [k], durante as quatro coletas realizadas no decorrer da terapia de fala.

S1: Sujeito 1; S2: Sujeito 2; S3: Sujeito 3; C1: Coleta 1; C2: Coleta 2; C3: Coleta 3; C4: Coleta 4.

No que se refere ao contraste entre [d] versus [g], o S1 apresentou indícios mais consistentes da distinção entre as *splines* a partir da coleta 3. O S2, diferentemente do que foi observado com a análise perceptivo auditiva, mostrou

distinções entre as oclusivas desde a primeira coleta de fala, tornando-se mais evidentes também a partir da coleta 3. Ainda é interessante relacionar o fato de que o S2 além de ter sido o primeiro a apresentar produções articulatórias distintas entre as oclusivas, foi também o primeiro a produzir oclusivas velares identificadas por análise perceptivo auditiva, conforme apresentado na tabela 1. Por fim, em relação ao S3, foi observada 100% de proporção de eixos significantes na região posterior de língua na coleta 3 e, na coleta 4, ambas as regiões apresentaram proporções de significância menos distintas (figura 6).

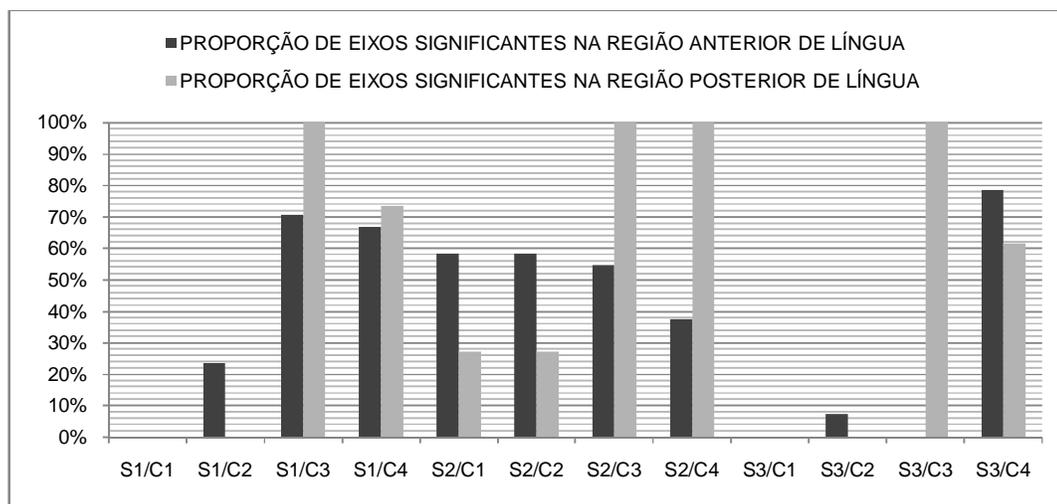


Figura 6. Dados articulatórios na comparação do contraste, [d] versus [g], durante as quatro coletas realizadas no decorrer da terapia de fala.

S1: Sujeito 1; S2: Sujeito 2; S3: Sujeito 3; C1: Coleta 1; C2: Coleta 2; C3: Coleta 3; C4: Coleta 4.

As figuras 7 a 12 apresentam as curvas de língua de [t] x [k] e [d] x [g], para cada sujeito, nas quatro coletas dos dados de fala.

Quanto à descrição dos gestos de língua durante a produção das oclusivas investigadas, também foi observada durante as quatro coletas de fala uma maior diferenciação das *splines* de língua a partir da coleta 3.

De modo geral, para os três sujeitos da pesquisa, nas duas primeiras coletas realizadas parece haver uma tendência de elevação e anteriorização da ponta de língua em direção aos alvéolos, para todas as oclusivas pesquisadas ([t], [d], [k] e [g]). Todavia, na coleta 3 e 4, as *splines* de [k] e [g] passaram a apresentar uma elevação e retração do dorso de língua em direção à região posterior do palato. Também se destaca o notável abaixamento da ponta de língua, concordando com o padrão adulto. As evoluções apreendidas no transcorrer da terapia também parecem ir ao encontro dos dados articulatórios descritos anteriormente.

Mesmo não possuindo a referência dos articuladores passivos (sejam os alvéolos, no caso das consoantes alveolares, ou o véu palatino, para as oclusivas velares), supõe-se, respectivamente, a produção de um gesto de ponta e dorso de língua de grau fechado, característico dos segmentos oclusivos.

Também pode ser destacado algum grau de variabilidade do traçado das curvas de língua, mais evidentes durante a produção de [k], do S1, nas coletas 3 e 4 e, do mesmo modo, para as mesmas coletas do S2, tanto para os segmentos velares, como para os alveolares.

Nos dados de S3, em uma das repetições da oclusiva [d], da coleta 4, é observado um gesto de dorso de língua, não esperado durante a produção de uma constrição alveolar.

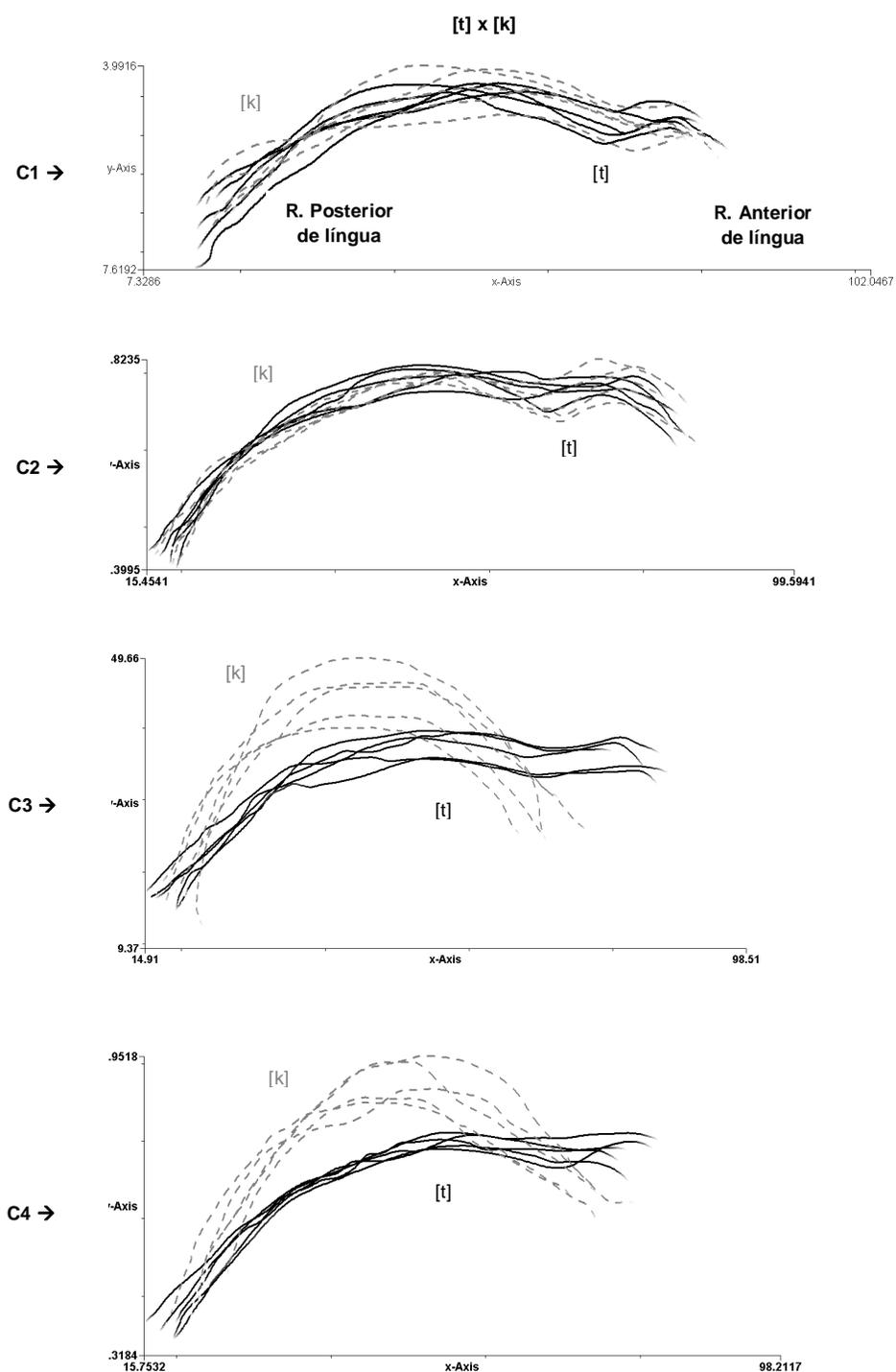


Figura 7. *Splines* de língua de [t] x [k], durante as quatro coletas de fala do Sujeito 1.

C1: Coleta 1; C2: Coleta 2; C3: Coleta 3; C4: Coleta 4; R. Anterior de língua: região anterior de língua; R. Posterior de língua: região posterior de língua; Linha Pontilhada: *Splines* da oclusiva [k], Linha Contínua: *Splines* da oclusiva [t].

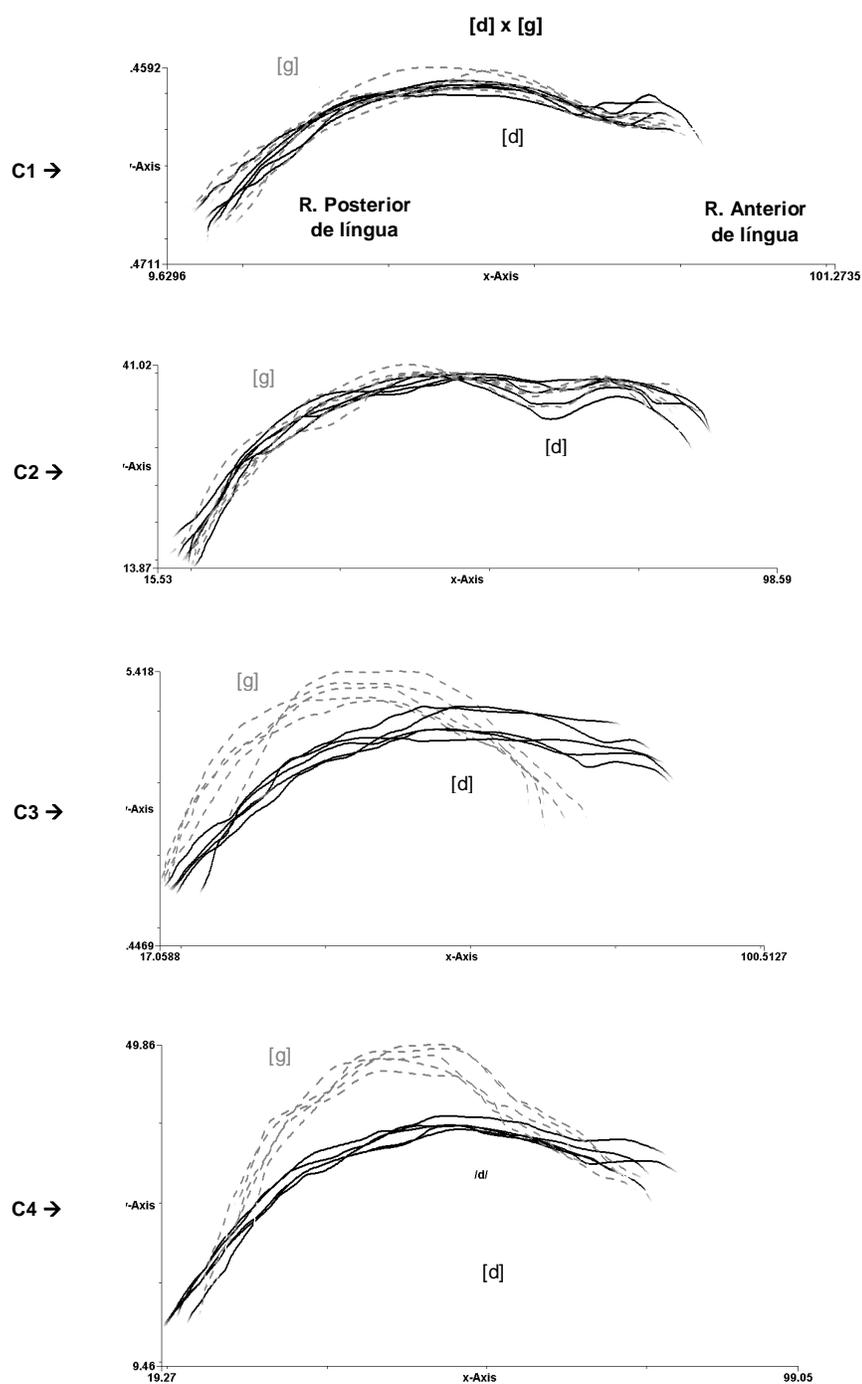


Figura 8. *Splines* de língua de [d] x [g], durante as quatro coletas de fala do Sujeito 1.

C1: Coleta 1; C2: Coleta 2; C3: Coleta 3; C4: Coleta 4; R. Anterior de língua: região anterior de língua; R. Posterior de língua: região posterior de língua; Linha Pontilhada: *Splines* da oclusiva [g], Linha Contínua: *Splines* da oclusiva [d].

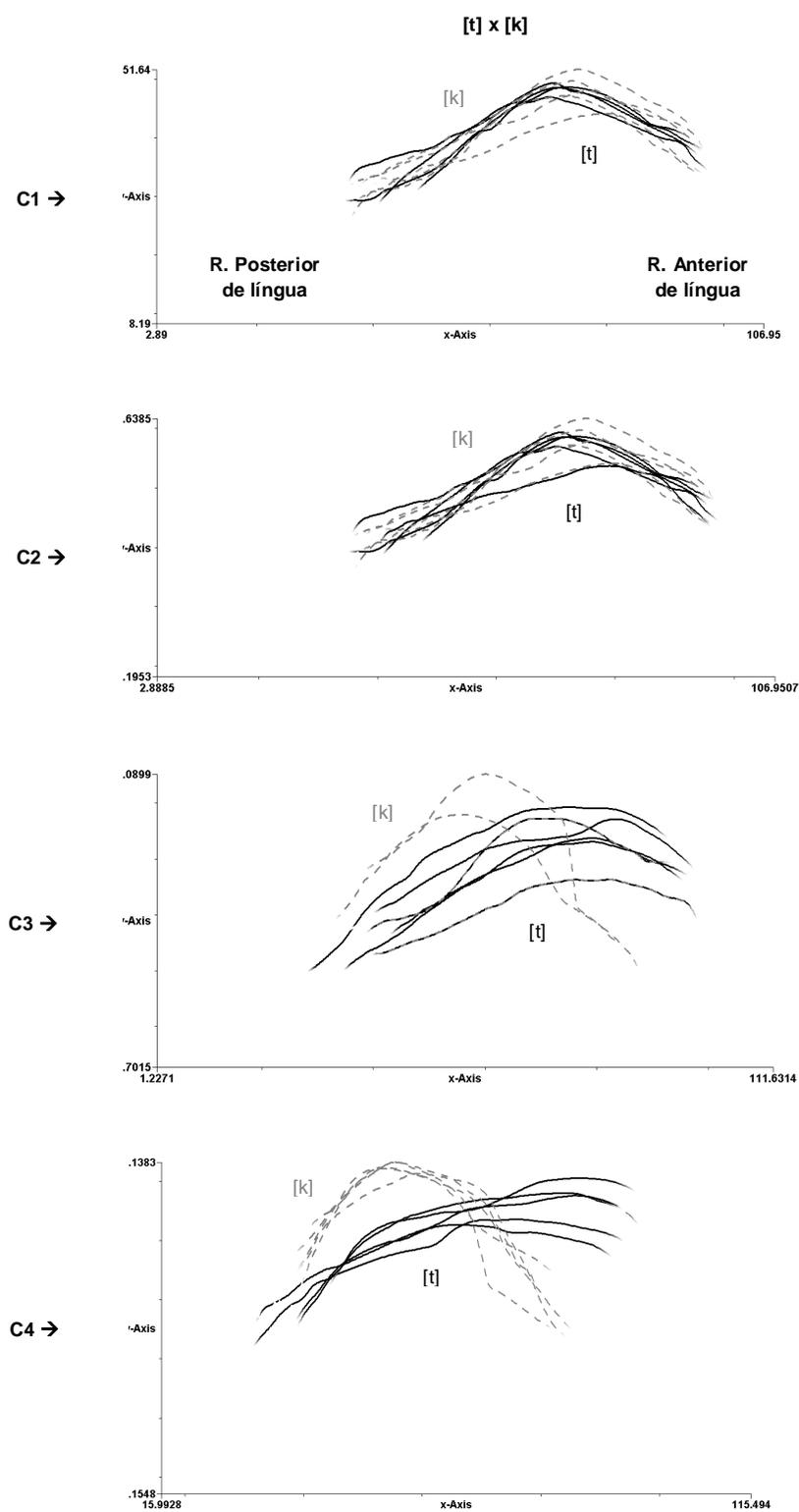


Figura 9. *Splines* de língua de [t] x [k], durante as quatro coletas de fala do Sujeito 2.

C1: Coleta 1; C2: Coleta 2; C3: Coleta 3; C4: Coleta 4; R. Anterior de língua: região anterior de língua; R. Posterior de língua: região posterior de língua; Linha Pontilhada: *Splines* da oclusiva [k], Linha Contínua: *Splines* da oclusiva [t].

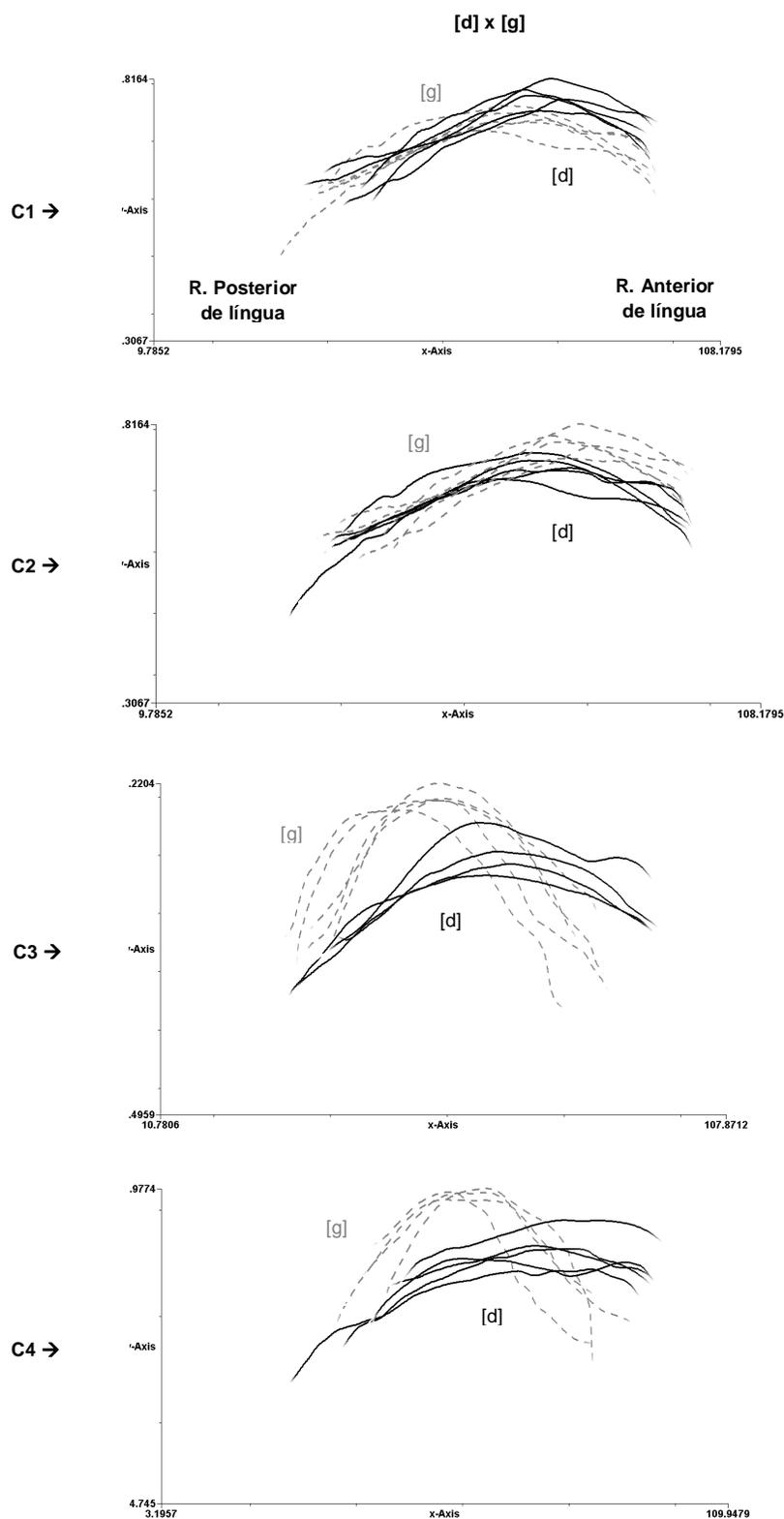


Figura 10. *Splines* de língua de [d] x [g], durante as quatro coletas de fala do Sujeito 2.

C1: Coleta 1; C2: Coleta 2; C3: Coleta 3; C4: Coleta 4; R. Anterior de língua: região anterior de língua; R. Posterior de língua: região posterior de língua; Linha Pontilhada: *Splines* da oclusiva [g], Linha Contínua: *Splines* da oclusiva [d].

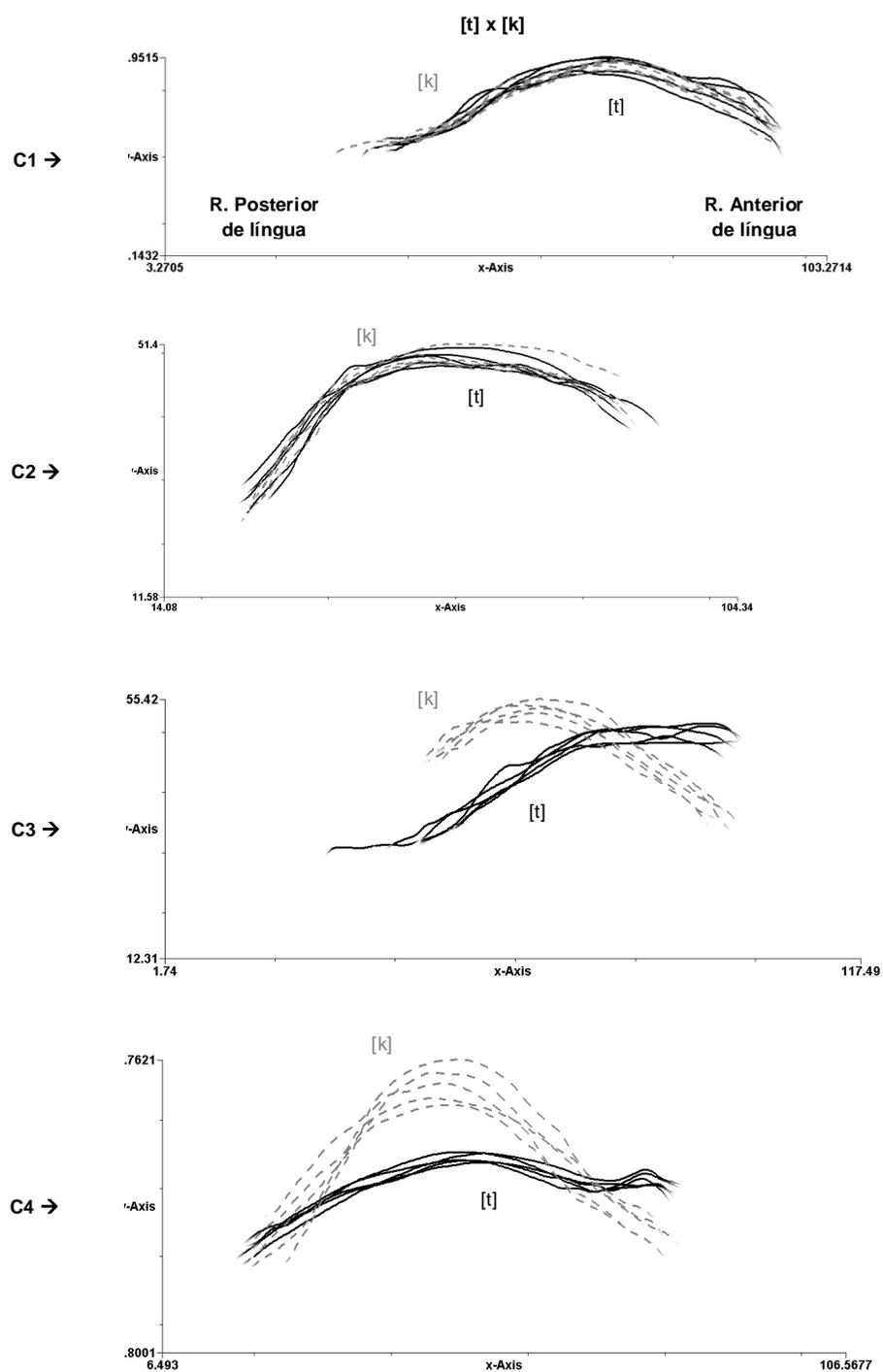


Figura 11. *Splines* de língua de [t] x [k], durante as quatro coletas de fala do Sujeito 3.

C1: Coleta 1; C2: Coleta 2; C3: Coleta 3; C4: Coleta 4; R. Anterior de língua: região anterior de língua; R. Posterior de língua: região posterior de língua; Linha Pontilhada: *Splines* da oclusiva [k], Linha Contínua: *Splines* da oclusiva [t].

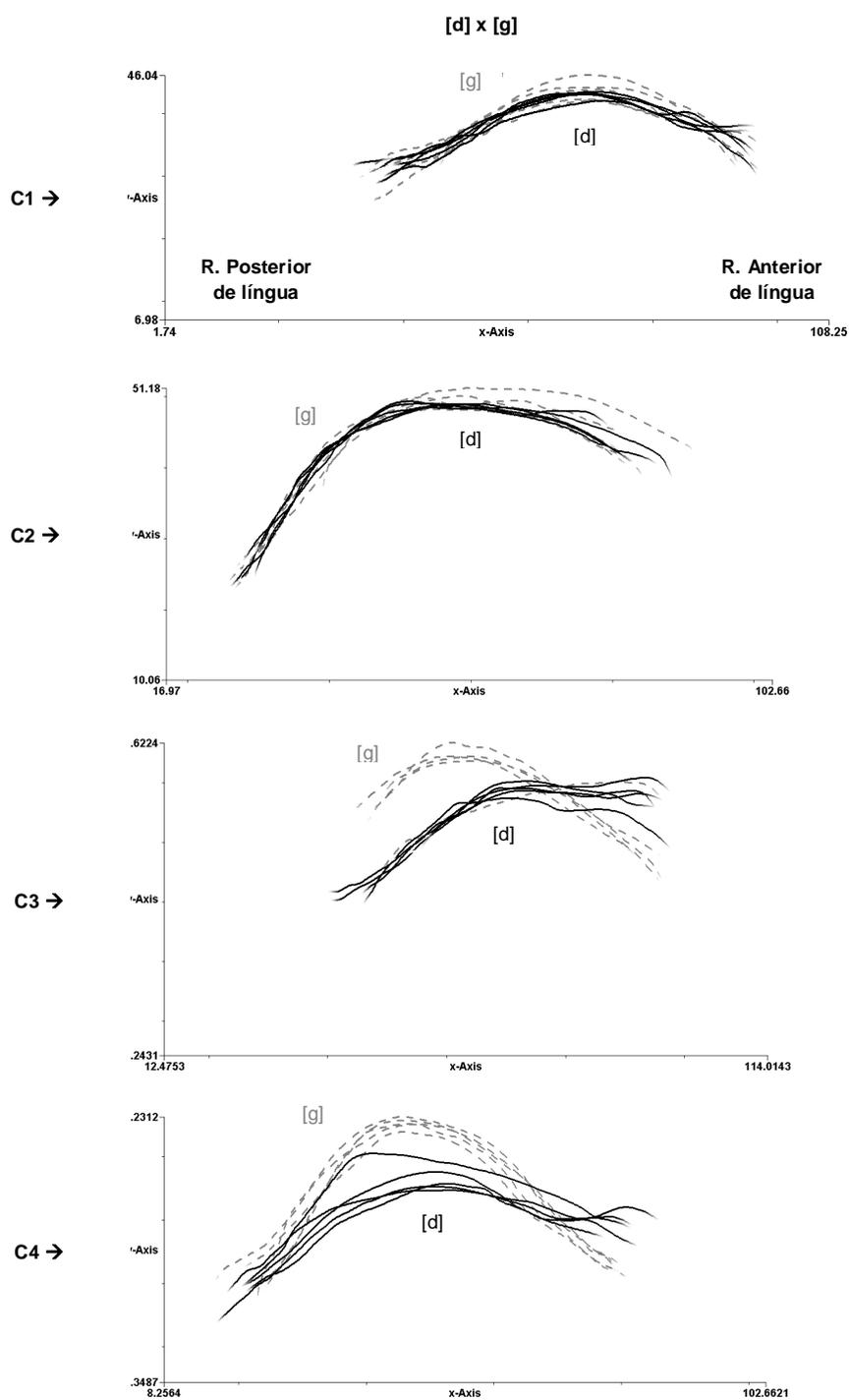


Figura 12. *Splines* de língua de [d] x [g], durante as quatro coletas de fala do Sujeito 3.

C1: Coleta 1; C2: Coleta 2; C3: Coleta 3; C4: Coleta 4; R. Anterior de língua: região anterior de língua; R. Posterior de língua: região posterior de língua; Linha Pontilhada: *Splines* da oclusiva [g], Linha Contínua: *Splines* da oclusiva [d].

Com base na descrição dos resultados não pôde ser confirmada uma distinção evidente entre os métodos terapêuticos com e sem a utilização de *feedback* visual das imagens de ultrassom de língua. Todos os sujeitos investigados (S1 *versus* S2/S3) apresentaram dados semelhantes durante o processo de aquisição e estabilização das oclusivas, não sendo possível afirmar a existência de aquisição mais rápida ou com maior evidência de produção correta dos alvos entre os dois tipos de terapia.

Discussão

Os procedimentos terapêuticos empregados neste estudo foram embasados em outras pesquisas com terapia de fala, que também tiveram por base a teoria da Fonologia Gestual (Freitas, 2007; 2012; Rodrigues, 2007; Hodson e Jardine, 2009; Schliemann, 2011). A superação de dificuldades relacionadas ao sistema fônico por meio de uma terapia com princípios da Fonologia Gestual e com dados do PB, já foi mencionada na literatura (Freitas, 2007; 2012; Rodrigues, 2007; Schliemann, 2011).

Freitas (2007) observou a ocorrência de três categorias de produção do contraste, constatadas durante o processo terapêutico. Na categoria I foram enquadrados os dados que não mostravam evidências de tentativas da criança em marcar o contraste em aquisição (substituições categóricas). Na categoria II foram incluídos os dados que apresentavam evidências de tentativas da criança em marcar a distinção fônica (categoria subdivida ainda em: (i) contrastes encobertos e (ii) segmentos identificados auditivamente como “distorções”). E, a última categoria, foi representada por dados aproximados ao padrão da língua, diagnosticados tanto por análise acústica, como por análise de oitiva. A autora também destacou a

observação de dados de hesitações na fala das crianças pesquisadas (pausas e reformulações) e os relacionou a um ponto de ancoragem, em que evidencia uma atitude reparatória em relação a diversas possibilidades de tarefas motoras durante a produção do som.

Portanto, com essa teoria que trata os dados de fala como uma tarefa dinâmica, as noções de magnitude (tempo e espaço) e coordenação dos gestos articulatórios passam a ser fundamentais na interpretação dos eventos de fala. Com isso, persistir na investigação de movimentos da reorganização fônica com base na Fonologia Gestual pode permitir que fatos ocultos e/ou de difícil significação, ganhem uma área propícia e promissora de discussão (Freitas, 2012).

Os achados da presente pesquisa apontam para uma contribuição da terapia na superação da estratégia de anteriorização de oclusivas velares, uma vez que todos os sujeitos incluídos no estudo apresentaram produções padrão das oclusivas, assim como descrito na categoria III mencionada anteriormente, no estudo de Freitas (2007), indo, portanto, ao encontro da primeira hipótese do trabalho.

Por exemplo, com os resultados obtidos com a análise de julgadores foram confirmados os benefícios da terapia de fala empregada para os sujeitos desta pesquisa, com indícios de aquisição dos segmentos velares após, em média, dez sessões de terapia de fala.

Os dados de generalização estrutural aqui descritos evidenciam a alta ocorrência de “Generalização para outras palavras”, distintas das palavras-alvo, bem como, de “Generalização para outra posição na palavra”, nesse caso, para a posição de OM, também não estimulada nas sessões de atendimento. Apenas a terceira generalização estudada (“Generalização para outra classe de sons”) não foi

comprovada através de altos percentuais de ocorrências, com exceção da generalização para as líquidas laterais, [l] e [ʎ] do S2.

Cleland, Scobbie e Wrench (2015) também pesquisaram os percentuais de generalização dos alvos de tratamento em dados de anteriorização de velares do Inglês. Dos quatro sujeitos que apresentaram essa instabilidade fônica, apenas um deles continuou com 0% de produção correta de /k/ após a terapia de fala com o emprego do *feedback* das imagens de ultrassonografia, demonstrando a ausência de generalização através das sondagens julgadas perceptivo auditivamente e, também, pela configuração das curvas de língua.

Dados de generalização e a aplicação do *feedback* visual do ultrassom também foram levantados durante a terapia para superação de erros residuais de fala. Foi descrita a observação de generalizações para outra estrutura silábica (som-alvo treinado em *onset* simples e generalizado para o *onset* complexo) e, ainda, generalizações para o nível de sentenças (Preston et al., 2014). Contudo, Preston et al. (2015) não observaram os mesmos resultados para dados de generalização de róticos, de sujeitos com apraxia de fala.

Quanto aos parâmetros articulatórios propostos neste trabalho (proporção de eixos significantes na região anterior e posterior de língua e descrição das curvas de língua), esses também marcaram os avanços em relação à produção do contraste investigado, aproximadamente no mesmo período indicado pela análise de oitiva.

Do mesmo modo em relação aos achados observados com a descrição das *splines* de língua. Foi identificada após algum tempo de intervenção fonoaudiológica, uma semelhança da configuração das curvas de língua dos sujeitos investigados com os gestos articulatórios descritos por Berti (2013), para um falante com desenvolvimento típico de fala. Para os segmentos oclusivos alveolares a autora

observou uma anteriorização e elevação da ponta da língua em direção aos alvéolos, contrariamente às oclusivas velares, as quais eram produzidas com uma retração e elevação do dorso de língua em direção ao véu palatino.

Confirmando também algumas descrições das consoantes oclusivas citadas anteriormente (Russo e Behlau, 1993; Ladefoged e Maddieson, 1996), porém, não embasadas por um aparato instrumental, com acesso ao interior da cavidade oral, como no caso das imagens de ultrassonografia dos gestos de ponta e dorso de língua.

Além da variabilidade observada das curvas de língua durante a repetição de alguns segmentos oclusivos, a realização de um gesto de dorso de língua durante a produção de uma constrição alveolar também chama a atenção. Tal gesto de dorso de língua para [d] pode estar relacionado ao fato de a criança estar em processo de terapia e mudanças (ainda recentes, ou emergentes) dos padrões de fala. Em momentos de instabilidade, com o sistema aberto e propenso a alterações, a nova tendência a posteriorizar as produções de /k/ e /g/ que antes eram anteriorizadas, pode influenciar na “intrusão” do uso do gesto de dorso de língua, inclusive, na produção de oclusivas alveolares, uma vez que, é de interesse para o sistema fônico a distinção efetiva de um contraste e não apenas o acerto de um alvo. Ou ainda, conforme citado por Freitas (2012), pode se tratar da produção de “flutuações, as quais representam diferentes tentativas de marcação de um determinado gesto articulatorio.

Várias pesquisas já descreveram as evoluções terapêuticas ofertadas com o emprego do *feedback* das imagens de ultrassom de língua (Bernhardt et al., 2003; 2005; 2008; Adler-Bock et al., 2007; Modha et al., 2008; Bacsfalvi e Bernhardt, 2011; Preston, Brick e Landi, 2013; Byun, Hitchcock e Swartz, 2014; Preston et al., 2014;

2015; Cleland, Scobbie e Wrench, 2015; Hitchcock e Byun, 2015). Os achados aqui evidenciados aparentemente não sinalizaram diferenças evidentes entre os recursos terapêuticos com ou sem a adoção do *feedback* visual, contrariando uma das hipóteses iniciais do estudo.

Entretanto, essa evidência deve ser cuidadosamente interpretada, não podendo ser generalizada a todos os casos de desvio fonológico e instabilidade fônica na produção de oclusivas velares.

Mas também a mesma conduz para outra interpretação dos dados, ou seja, pode-se pensar que alguns contrastes fônicos sejam facilmente perceptíveis por meio de uma terapia tradicional. Como no caso de oclusivas, é relativamente fácil identificar o ponto de articulação no momento da constrição, por essa razão, se torna acessível mostrar para a criança o ponto de articulação de oclusivas usando pistas visuais e/ou sensório-motoras. Outros contrastes são mais complexos nesse sentido, por exemplo, a distinção [ʌ] x [j]; a produção da retroflexa [ɻ] do Inglês e o tepe [r] do PB. Assim, a complexidade de determinados contrastes pode ser um fator que justifique o fato de a inclusão do *feedback* visual trazer ou não diferenças significantes para os resultados terapêuticos.

Além disso, não se pode descartar a influência do posicionamento clínico de base, fundamentado em uma teoria dinâmica de fala (a Fonologia Gestual) e, ainda, do método instrumental empregado para acompanhar/analisar as mudanças fônicas em relação à produção do contraste durante o processo terapêutico.

Não foram encontradas referências que tenham trabalhado com o mesmo design estipulado para este trabalho (Bernhardt et al., 2003; 2008; Adler-Bock et al., 2007; Modha, 2008; Bacsfalvi e Bernhardt, 2011; Lipetz e Bernhardt, 2013; Preston, Brick e Landi, 2013; Byun, Hitchcock e Swartz, 2014; Preston et al., 2014; 2015;

Cleland, Scobbie e Wrench, 2015; Hitchcock e Byun, 2015). Esses estudos não questionam os progressos terapêuticos ofertados pelas imagens de ultrassonografia em pacientes ainda não estimulados por qualquer tipo de terapia fonoaudiológica anterior. Em sua maioria detêm-se na investigação da contribuição desse recurso tecnológico principalmente nos casos de dificuldade de fala persistente, em que outro tipo de terapia tradicional não tenha sido satisfatória.

Deve ser destacada, ainda, a ausência na literatura do emprego de parâmetros articulatórios durante o acompanhamento dos progressos terapêuticos alcançados com o auxílio do *feedback* visual. A vasta maioria dos estudos que utilizaram o *feedback* da ultrassonografia como alternativa de tratamento detiveram-se na descrição de tarefas de julgamento perceptivo auditivo (Bernhardt et al., 2003; 2008; Modha et al., 2008; Bacsfalvi e Bernhardt, 2011; Lipetz e Bernhardt, 2013; Preston, Brick e Landi, 2013; Byun, Hitchcock e Swartz, 2014; Preston et al., 2014; 2015; Cleland, Scobbie e Wrench, 2015; Hitchcock e Byun, 2015) e, em menor número, de pistas acústicas (Adler-Bock et al., 2007; Modha, 2008) ou, de descrição das curvas de língua obtidas pré e pós terapia (Adler-Bock et al., 2007; Cleland, Scobbie e Wrench, 2015).

Quanto à evidência de contrastes gradientes durante a aquisição dos sons oclusivos no transcorrer da terapia, essa não foi observada por meio dos parâmetros articulatórios aqui adotados. Portanto, a hipótese de que a análise articulatória via imagens de ultrassom de língua, se mostraria mais sensível na detecção do contraste em aquisição, do que comparada à análise perceptivo auditiva, não pôde ser confirmada por meio das pistas articulatórias pesquisadas.

Uma vez sendo os contrastes encobertos já vigorosamente descritos na literatura, é possível associar a ausência de estados gradientes durante a terapia de

fala aqui conduzida, em função da falta de sensibilidade do parâmetro articulatório estático adotado no presente estudo (ou seja, parâmetro baseado em um ponto único da trajetória dos gestos articulatórios, nesse caso, no ponto de maior constrição da língua). Pode-se pensar que a inclusão de outros parâmetros, como os de análise temporal possam resgatar as gradiências das produções infantis, as quais a presente análise não possibilitou.

Entretanto, os mesmos parâmetros articulatórios foram capazes de distinguir o contraste entre as oclusivas alveolares e velares, marcando expressivas diferenças entre os pares de segmentos estudados ([t] x [k] e [d] x [g]) a partir da terceira coleta de fala.

Dessa forma, mesmo que nem todas as hipóteses tenham sido fundamentadas com os achados do presente estudo, o tipo de pesquisa e os resultados obtidos marcam um avanço na clínica fonoaudiológica em busca de métodos mais objetivos de avaliação e de novos procedimentos para o atendimento de crianças com diagnóstico de desvio fonológico.

As questões levantadas neste trabalho pretendem seguir incentivando o desenvolvimento de novas pesquisas, visando o enriquecimento da ciência, da Fonoaudiologia e de seus procedimentos.

Conclusão

A presente pesquisa conseguiu alcançar a todos os objetivos no qual se propôs. Ao confrontar as hipóteses do estudo foi concluído que:

(i) Os procedimentos terapêuticos aqui propostos e embasados pela teoria da Fonologia Gestual, foram eficazes para a aquisição e estabilização do contraste

fônico entre as oclusivas alveolares e velares, confirmando assim, a primeira hipótese da pesquisa;

(ii) A hipótese dois não pode ser comprovada, em virtude de que não foram observadas diferenças evidentes entre a terapia de fala abordada com ou sem o recurso do *feedback* visual das imagens de ultrassom. Os três sujeitos investigados apresentaram evoluções evidentes na produção dos segmentos oclusivos a partir da terceira coleta, ou seja, após dez sessões de atendimento fonoaudiológico;

(iii) Quanto à distinção das análises de julgamento perceptivo auditivo e análise articulatória, também não foi constatada a hipótese de que a análise ultrassonográfica dos movimentos de língua seria mais sensível na detecção do contraste em aquisição, como no caso dos contrastes gradientes ou encobertos. Porém, a análise articulatória aqui proposta apontou distinções do contraste fônico pesquisado, com isso, os parâmetros articulatórios adotados (proporção de eixos significantes para a região anterior e posterior de língua e análise descritiva dos gestos articulatórios de ponta e dorso de língua) parecem também sinalizar as diferenças entre as oclusivas alveolares e velares na fala dos sujeitos com desvio fonológico, especialmente quando essas diferenças se tornaram distintas também auditivamente.

Portanto, para os próximos trabalhos sugere-se uma investigação acerca do uso de parâmetros da análise articulatória que resgatem a trajetória do gesto no tempo, bem como, a pesquisa de contrastes fônicos mais complexos. Acredita-se que ainda existam muitas possibilidades a serem exploradas no domínio da aplicabilidade dos recursos tecnológicos na clínica fonoaudiológica.

Referências

- Adler-Bock, M., Bernhardt, B. M., Gick, B., & Bacsfalvi, P. (2007) The use of ultrasound in remediation of North American English /r/ in 2 adolescents. *American Journal of Speech-Language Pathology*, 16(2), 128-139.
- Albano, E. C. (2001). *O gesto e suas bordas: esboço de fonologia acústico-articulatória do Português Brasileiro*. Campinas, SP: Mercado das Letras.
- Bacsfalvi, P., & Bernhardt, B. M. (2011). Long-term outcomes of speech therapy for seven adolescents with visual feedback technologies: ultrasound and electropalatography. *Clinical Linguistics & Phonetics*, 25(11-12), 1034-1043.
- Bernhardt, B. M., Bacsfalvi, P., Adler-Bock, M., Shimizu, R., Cheney, A., Giesbrecht, N.,...Radanov, B. (2008). Ultrasound as visual feedback in speech habilitation: exploring consultative use in rural British Columbia, Canada. *Clinical Linguistics & Phonetics*, 22(2), 149-162.
- Bernhardt, B., Gick, B., Bacsfalvi, P., & Adler-Bock, M. (2005). Ultrasound in speech therapy with adolescents and adults. *Clinical Linguistics & Phonetics*, 19(6-7), 605-617.
- Bernhardt, B., Gick, B., Bacsfalvi, P., & Ashdown, J. (2003). Speech habilitation of hard of hearing adolescents using electropalatography and ultrasound as evaluated by trained listeners. *Clinical Linguistics & Phonetics*, 17(3), 199-216.
- Berti, L. C. (2013). Investigação ultrassonográfica dos erros de fala infantil à luz da Fonologia Gestual. In G. Ferreira-Gonçalves & M. Brum-de-Paula (Eds.), *Dinâmica dos movimentos articulatorios: sons, gestos e imagens* (pp. 127-144). Pelotas, RS: Editora UFPel.

- Berti, L. C., & Ferreira-Gonçalves, G. (2012). A aquisição do contraste /t/ e /k/ sob a ótica dinâmica. *Revista da ABRALIN*, 2, 139-196.
- Berti, I. C., Pagliuso, A., & Lacava, F. (2009). Instrumento de avaliação de fala para análise acústica (IAFAC) baseado em critérios linguísticos. *Revista da Sociedade Brasileira de Fonoaudiologia*, 14(4), 305-314.
- Browman, C., & Goldstein, L. (1992). Articulatory Phonology: an overview. *Phonetica*, 49, 155-180.
- Byun, T. M., Hitchcock, E. R., & Swartz, M. T. (2014). Retroflex versus bunched in treatment for rhotic misarticulation: evidence for ultrasound biofeedback intervention. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 57, 2116-2130.
- Cavalheiro, L. G., Brancalioni, A. R., & Keske-Soares, M. (2012). Prevalência do desvio fonológico em crianças da cidade de Salvador, Bahia. *Revista da Sociedade Brasileira de Fonoaudiologia*, 17(4), 441-446.
- Cleland, J., Scobbie, J. M., Wrench, A. A. (2015). Using ultrasound visual biofeedback to treat persistent primary speech sound disorders. *Clinical Linguistics & Phonetics*, 29(8-10), 575–597.
- Clements, G. N., & Hume, E. (1995). *The Internal Organization of Speech Sounds*. Oxford, Blackwell.
- Falahati, R., & Mielke, J. (2011). An Ultrasound Study of Coronal Stop Deletion in Persian. *Canadian Acoustics*, 39(3), 172-173.
- Freitas, M. C. (2007). *Aquisição de contrastes entre obstruintes coronais em crianças com padrões fônicos não esperados para sua faixa etária* (Master's thesis). Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

- Freitas, M. C. (2012). *O gesto fônico na aquisição “desviante”: movimentos entre a produção e a percepção* (Doctoral's thesis). Universidade Estadual de Campinas, Campinas.
- Hitchcock, E. R., Byun, T. M. (2015). Enhancing generalisation in biofeedback intervention using the challenge point framework: a case study. *Clinical Linguistics & Phonetics*, 29(1), 59-75.
- Hodson, S. L., & Jardine, B. R. (2009). Revisiting Jarrod: applications of gestural phonology theory to the assessment and treatment of speech sound disorder. *International Journal of Speech-Language Pathology*, 11, 122-134.
- Indrusiak, C. S., & Rockenbach, S. P. (2012). Prevalência de desvio fonológico em crianças de 4 a 6 anos de escolas municipais de educação infantil de Canoas, RS. *Revista CEFAC*, 14(5), 943-951.
- Kochetov, A., Sreedevi, N., Kasim, M., & Manjula, R. (2012). A pilot ultrasound study of Kannada lingual articulations. *Journal of Indian Speech and Hearing Association*, 26, 38-49.
- Kochetov, A., Sreedevi, N., Kasim, M., & Manjula, R. (2014). Spatial and dynamic aspects of retroflex production: na ultrasound and EMA study of Kannada geminate stops. *Journal of Phonetics*, 46, 168-184.
- Ladefoged, P., & Maddieson, I. (1996). *The sound's of the world's languages*. Massachussets: USA Blackwell Publishers.
- Lipetz, H. M., & Bernhardt, B. M. A. (2013). A multi-modal approach to intervention for one adolescent's frontal lisp. *Clinical Linguistics & Phonetics*, 27(1), 1-17.
- Modha, G., Bernhardt, B. M., Church, R., & Bacsfalvi, P. (2008). Case study using ultrasound to treat /r/. *International Journal of Language & Communication*, 43(3), 323-329.

- Preston, J. L., Brick, N., & Landi, N. (2013). Ultrasound biofeedback treatment for persisting childhood apraxia of speech. *American Journal of Speech-Language Pathology*, 627-643.
- Preston, J. L., Maas, E., Whittle, J., Leece, M. C., & McCabe, P. (2015). Limited acquisition and generalisation of rhotics with ultrasound visual feedback in childhood apraxia. *Clinical Linguistics & Phonetics*, Early Online, 1-17.
- Preston, J. L., McCabe, P., Rivera-Campos, A., Whittle, J. L., Landry, E., Maas, E. (2014). Ultrasound visual feedback treatment and practice variability for residual speech sound errors. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 57, 2102-2115.
- Rinaldi, L., & Albano, E. (2012). Contrastes em estabilização em crianças sem queixas fonoaudiológicas. *Verba Volant*, 3(1), 1-23.
- Rodrigues, L. L. (2007). *Aquisição dos róticos em crianças com queixa fonoaudiológica* (Master's thesis). Universidade Estadual de Campinas, Campinas.
- Russo, I., & Behlau, M. (1993). As pistas acústicas das vogais e consoantes. In I. Russo & M. Behlau, *Percepção da fala: análise acústica* (pp. 25-50). São Paulo, SP: Lovise.
- Schliemann, L. R. R. (2011). *Contraste de vozeamento por crianças entre 6 – 8 anos: uma abordagem dinâmica* (Master's thesis). Universidade Estadual de Campinas, Campinas.
- Stampe, D. (1973). *A dissertation on Natural Phonology* (Doctoral's thesis). University of Chicago, Chicago.
- Yavas, M., Hernandorena, C. L. M., & Lamprecht, R. R. (2001). Avaliação fonológica da criança. Porto Alegre, RS: Artes Médicas.

5 DISCUSSÃO

Os achados da presente tese ratificaram a complexidade envolvida no desenvolvimento de fala, seja ele típico ou com alterações e, com o término deste estudo podem ser tecidas algumas reflexões em torno das suas hipóteses iniciais.

A primeira hipótese do trabalho previa a apreensão de diferenças acústicas e articulatórias entre os dados de fala de adultos e de crianças com DTF, as quais sugeririam a existência de um período de estabilização ou refinamento dos gestos articulatórios durante a produção do contraste entre oclusivas alveolares e velares na fala de crianças com DTF.

Portanto, a partir da comparação das produções de oclusivas alveolares e velares de adultos e crianças típicas, foram observadas diferenças entre esses dois grupos de sujeitos, as quais confirmam e sustentam a hipótese um.

Com a análise acústica foi verificada a significância estatística entre adultos e crianças típicas para os valores de centróide. Os parâmetros de pico espectral, variância e transição CV foram os únicos a apresentar distinções entre as oclusivas dependentemente do tipo de grupo, ou seja, para esses parâmetros as diferenças do contraste fônico alveolar *versus* velar são empregadas de maneira distinta entre os grupos. Nesses casos, foi aplicada uma análise *post hoc*, a qual novamente comprovou a existência de diferenças entre as produções adultas e infantis, de modo que para a primeira e a última pista citada foi observada a marcação do contraste alvo exclusivamente no grupo de adultos.

Outro fato que remete a um provável refinamento dos gestos articulatórios na fala de crianças com aquisição completa dos sons, diz respeito às análises quantitativas e descritivas das imagens de ultrassonografia de língua. Quanto às proporções de eixos significantes, no grupo de crianças foram constatadas diferenças entre as regiões anterior e posterior de língua somente para dois pares de oclusivas ([t] x [k] e [t] x [g]), contrariamente ao encontrado para os adultos, os quais apresentaram diferenças significantes para os quatro pares de segmentos contrastados. Além do mais, a comparação das proporções de eixos significantes entre os grupos também sinalizou para uma discrepância entre os resultados obtidos.

Outro dado obtido com a análise das imagens de ultrassom se refere à inspeção visual das curvas de língua, as quais indicam as mesmas variáveis do trato durante a formação de constrictões alveolares e velares. Porém, por meio dessa inspeção, puderam-se levantar novas observações no grupo de crianças com DTF, como: (i) um menor distanciamento entre as magnitudes dos gestos de ponta e dorso de língua produzidos, respectivamente, diante de constrictões alveolares e velares e; (ii) uma maior variabilidade das *splines* de língua.

Portanto, as observações relacionadas às diferenças entre as produções adulta e infantil evidenciadas pela constatação do uso de um menor número de parâmetros acústicos para marcar um determinado contraste (no caso o contraste entre oclusivas alveolares e velares) e por indícios de variabilidade na produção oral, confirmam um período de estabilização na produção de fala de crianças típicas.

Com isso, a primeira hipótese acertou a previsão dos dados pesquisados, tanto ao afirmar acerca da existência de um período de estabilização dos gestos articulatórios, como ao predizer a eficácia de ambos os instrumentos de análise de fala (acústica e ultrassom) na apreensão de indícios de um período maturacional durante o DTF.

Corroborando a ideia de gradiência nos dados de crianças com DTF, Cristofolini (2013) ao estudar as características acústicas da fala de crianças dos seis aos doze anos de idade, verificou consistentes diferenças entre os grupos etários, seja por meio da pesquisa quantitativa dos parâmetros acústicos, ou com a análise qualitativa das características não habituais do traçado acústico, a qual denominou como análise das especificidades acústicas. Ao interpretar as referidas especificidades acústicas à luz da Fonologia Gestual, Cristofolini (2013) explica que:

Propôs-se então entender estas especificidades como relacionadas a imprecisões articulatórias ou, em uma perspectiva dinâmica, à sincronização/organização temporal (*timing*) e/ou à magnitude dos gestos articulatórios, ou seja, mais um caso de gradiência articulatória (CRISTOFOLINI, 2013, p. 270).

Bonatto (2007a) ao pesquisar a fala de crianças mais novas, com três anos de idade, observou uma maior variabilidade na produção de fala dessas crianças, também respaldada por achados da análise acústica. A autora também defende que a variabilidade pode estar associada, dentre outros aspectos, a dificuldades em

“coordenar e sequenciar no tempo os gestos articulatórios e fonatórios e dimensionar a sua magnitude”. A autora afirma ainda que: “as crianças pequenas têm dificuldades em interromper um gesto e iniciar outro, provavelmente em função de dificuldades em relação à sobreposição de gestos. Com o aumento da idade, essa sobreposição passa a ser melhor realizada” (BONATTO, 2007a, p. 146).

Browman e Goldstein (1992) desde as primeiras exposições acerca da teoria da Fonologia Gestual sugeririam que as unidades básicas de rotina articulatória são gestos discretos que emergem pré-linguisticamente (durante o balbucio) e, podem ser vistas como versões iniciais “grosseiras” dos gestos adultos. O desenvolvimento representa a diferenciação e coordenação desses gestos básicos ao longo do tempo.

Reforçando a ideia de aperfeiçoamento das habilidades motoras, as desigualdades entre as produções de adultos e crianças podem ser justificadas em detrimento de uma maturação da fisiologia neural, mas também, podem ter sido influenciadas pelas alterações anatômicas da cavidade oral (CHENG et al., 2007). A maturação neurofisiológica do cérebro continua a ocorrer no período da infância à adolescência. Outras pesquisas têm sustentado tal proposição a partir de investigações de fatores como mielinização, conexões sinápticas, volumes cerebrais, espessura cortical, entre outros (BENES et al, 1994; HUTTENLOCHER, 1990; KOOLSCHIJN e CRONE, 2013).

Mesmo que alguns estudos não tenham diretamente associado os distanciamentos entre as produções de adultos e crianças típicas com um período de estabilização dos gestos articulatórios, é mencionada a observação de diferenças dos dados de fala entre as duas fases do desenvolvimento – adulta e infantil (BERTI e MARINO, 2011; CRISTOFOLINI, 2013; FREITAS, 2012; GRIGOS, 2009; GRIGOS, SAXMAN e GORDON, 2005; KOENIG, 2000; MELO et al., 2014; RINALDI, 2010). Nessa mesma perspectiva Rinaldi (2010) destaca ainda que:

[...] podemos afirmar que crianças em processo de aquisição de linguagem dizem a mesma palavra ou os mesmos sons de várias maneiras diferentes. A grande variação é um achado constante em nosso trabalho, que mostra que, durante o processo de aquisição, a criança parece fazer diversas tentativas em busca do alvo adulto. A criança considerada normal consegue realizar produções articulatórias que, auditivamente, parecem soar ao adulto conforme o esperado. Porém, conforme vimos em nossos resultados, por diversas vezes há diferenças na produção infantil. Essas diferenças podem estar ligadas não só à não estabilização da aquisição de um contraste, mas

também a aproximações da variação sócio-fonética na qual estão inseridas (RINALDI, 2010, p. 142).

Como já afirmado na introdução geral deste trabalho, em uma perspectiva dinâmica, as diferenças observadas nas produções das crianças com DTF representam uma experiência positiva em busca do padrão alvo da língua. Ou seja, a existência de variabilidade dos dados poderia ser atribuída a uma maior flexibilidade do sistema motor em função de melhores “práticas” (ou *feedbacks*) durante a execução dos gestos (FORREST et al., 1994). Ao argumentar a favor da ocorrência de flutuações durante o desenvolvimento de fala, Rodrigues (2007) alega que essas oscilações das produções do sistema fônico proporcionam a estabilização dos padrões da língua. Assim, com a maturidade, um aumento na precisão e estabilidade da articulação serão evidenciados (CHENG et al., 2007).

Após abordar os dados típicos de fala, a presente pesquisa também optou por averiguar as particularidades do desenvolvimento alterado, ou seja, dos casos com desvio fonológico. Com base nesse objeto de pesquisa, foi formulada a segunda hipótese deste trabalho, a qual previa por meio da comparação da fala de crianças com DTF e com desvios, embasada tanto por parâmetros acústicos, como por parâmetros articulatórios, a observação de produções intermediárias, ou “encobertas”, na fala de crianças com desvio fonológico. Assim, com a realização deste estudo, essa hipótese pôde ser confirmada em partes.

Os resultados da análise acústica que ajudam a confirmar a hipótese dois são:

(i) A ausência de diferenças estatisticamente significantes entre os grupos de crianças com DTF e com desvio fonológico, verificada por meio de seis dos nove parâmetros acústicos investigados, dentre eles: o pico espectral, os quatro momentos espectrais do *burst* e a transição CV;

(ii) A identificação do uso dos quatro momentos espectrais para marcar o contraste fônico alvo de modo independente do tipo de grupo. Esse achado sugere a utilização dos valores de centróide, variância, assimetria e curtose na implementação do contraste de ponto articulatório, de modo similar entre os grupos;

(ii) Mesmo o *voice onset time* (VOT) tendo apresentado significância para a interação consoante/grupo, isto é, interação a qual é sensível para a identificação de diferenças entre a produção de oclusivas alveolares e velares e, entre os dois

grupos investigados (crianças típicas e com desvio), a análise *post hoc* apontou para o emprego desse parâmetro acústico de maneira semelhante nas produções orais de crianças com e sem alteração de fala;

No entanto, por meio dos parâmetros articulatórios aqui adotados, pode-se confirmar parcialmente a segunda hipótese do estudo.

A medida quantitativa obtida com os dados de ultrassom não apresentou nenhuma diferença entre as regiões médio-anterior e médio-posterior de língua no grupo com desvio fonológico, enquanto no grupo de crianças com DTF houve algumas significâncias estatísticas. Além disso, a comparação entre as proporções de eixos significantes de língua mostrou distinções entre as produções de crianças com DTF e com desvio fonológico. Com isso, esse achado da análise articulatória, o qual mostrou diferenças entre os dois grupos, não sinalizou para a identificação de contrastes encobertos na fala desviante.

No entanto, como já apontado no segundo artigo de pesquisa desta tese, tal constatação apesar de não confirmar uma das hipóteses formuladas previamente, no que se refere à observação de contrastes encobertos, é da mesma forma significativa por ser um evento esperado, uma vez que as produções desses grupos diferem a nível perceptual. Assim, é pertinente que a análise acústica não tenha encontrado algumas diferenças estatisticamente significantes entre os grupos (evidenciando que de alguma forma eles se aproximam), mas, ao mesmo tempo, a análise articulatória tenha mostrado uma distinção relacionada ao ponto de máxima constrição de língua. O que sugere que esse seja justamente o momento da trajetória articulatória que a percepção auditiva se apoia, desconsiderando variações temporais mais sutis, como as detectadas na análise acústica.

Todavia, quanto a outro dado articulatório, a inspeção visual das curvas de língua, mesmo que elas também indiquem, ao menos em um primeiro momento, semelhanças entre a produção de constrições alveolares e velares na fala com desvios, é possível afirmar a ocorrência de uma provável diminuição da magnitude do gesto de dorso de língua durante a produção de [k] e [g], não sendo equivalente às variáveis do trato de [t] e [d]. Outro fato curioso e isolado para o único sujeito com emprego da estratégia de posteriorização de oclusivas alveolares foi a observação de um gesto de ponta de língua compatível com uma constrição alveolar e, não resgatado perceptivo auditivamente.

Desse modo, parte do conjunto dos resultados da análise acústica e articulatória conduzem para a identificação de semelhanças entre o DTF e os desvios fonológicos, semelhanças essas constatadas somente com o auxílio de análises instrumentais da fala. Um conhecimento mais rico por parte das crianças com fala alterada pôde então ser verificado e, com esse indício, estados intermediários ou contrastes encobertos são associados à fala com desvios. Com isso, é proposta “[...] a possibilidade entender a produção dessas crianças não como desviante, mas como em estágio de aquisição” (RINALDI e ALBANO, 2012, p. 5).

Goldstein et al. (2007) ao estudarem dados de Articulografia Eletromagnética (EMA) durante a indução de erros de fala em laboratório, concluíram que uma substituição categórica era verificada com a ocorrência de uma diminuição do gesto alvo, acompanhada por uma intrusão completa do gesto errôneo/substituído. Esse fenômeno não foi observado no conjunto geral da amostra de fala da presente tese.

Portanto, em defesa da existência de contrastes encobertos na fala desviante (porém, sem desconsiderar a existência de contrastes categóricos também), inúmeros trabalhos apresentam em seus resultados, achados acústicos e/ou articulatórios, que confirmam tal particularidade da fala de crianças com desvio fonológico (BERTI, 2006, 2010a, 2010b, 2011, 2013; BERTI e FERREIRA-GONÇALVES, 2012; BERTI e MARINO, 2008, 2011; BRESSMANN et al., 2011; BYUN, BUCHWALD e MIZOGUCHI, 2015; CHENG et al., 2007; COSTA, 2011; CRISTOFOLINI, 2013; FREITAS, 2007, 2012; GIBBON, 1999; HODSON e JARDINE, 2009; LEVY, 1993; MACKEN e BARTON, 1980; MIRANDA e SILVA, 2001; MUNSON et al., 2010; PANHOCA, 1995; POUPLIER e GOLDSTEIN, 2005; RINALDI, 2010; RINALDI e ALBANO, 2012; RODRIGUES et al., 2008; RODRIGUES, 2012; SCHLIEMANN, 2011).

Byun, Buchwald e Mizoguchi (2015) ao também investigar oclusivas alveolares e velares, por meio dos dados de fala de duas crianças com neutralização do contraste em questão, verificaram o emprego de contraste encoberto por meio de uma medida acústica e uma medida de ultrassom, apenas na fala de uma das crianças incluídas no estudo.

Assim, somando os achados da presente pesquisa com os relatos da literatura, mais uma vez a gradiência dos dados de fala foi ressaltada. Muitas dessas produções gradientes foram justificadas pelo aumento da sobreposição entre gestos

e pela diminuição da magnitude gestual (BROWMAN e GOLDSTEIN, 1992). Complementando esse raciocínio, Browman e Goldstein (1992, p. 37) acrescentam que “*Gestures are never changed into other gestures, nor are gesture added*”.

Ainda a respeito do contraste encoberto (“*covert contrast*”), Scobbie (1998) defende em seu trabalho que é essencial que ambas as áreas da fonética e da fonologia, bem como a interface entre elas, sejam examinadas para o entendimento da aquisição da linguagem oral. O autor comenta ainda que o contraste encoberto é um exemplo claro dessa interação, uma vez que se trata de um fenômeno no qual os contrastes fônicos são produzidos pelos falantes, entretanto não são apreendidos pelos ouvintes. Com isso, transcrições fonéticas de fala podem ser questionadas quando se tratarem de uma alternativa isolada para avaliação dos sistemas fônicos (SCOBIE, 1998). E é justamente a não dissociação entre fonética e fonologia, que a Fonologia Gestual prevê e propõe para a interpretação de qualquer evento de fala.

Por fim, em relação à terceira hipótese deste trabalho de Doutorado, a qual remetia a questões da terapia de fala, verificou-se que a mesma não pôde ser confirmada em sua totalidade por meio dos resultados deste estudo. A hipótese três esperava que o *feedback* visual das imagens de ultrassonografia, em conjunto com um tratamento embasado pelos princípios da Fonologia Gestual, seriam efetivos na aquisição dos gestos articulatorios de oclusivas velares. Ainda, que esse *feedback* visual proporcionaria uma aquisição mais rápida ou com maior evidência de produção correta dos alvos em comparação ao tratamento sem o uso desse recurso. Além disso, a hipótese três também previa que as avaliações e reavaliações guiadas pelas imagens de ultrassonografia de língua seriam mais sensíveis no registro da emergência de um novo padrão fônico em comparação à análise perceptivo auditiva.

Dessa forma, conforme previsto na terceira hipótese, o *feedback* visual, em conjunto com a terapia de fala aqui proposta, auxiliou na aquisição dos gestos articulatorios de oclusivas velares. No entanto, a adoção do *feedback* das imagens de ultrassonografia de língua durante o processo terapêutico não se mostrou mais eficaz para a estabilização do contraste entre oclusivas alveolares e velares do que a terapia estruturada sem o uso desse recurso visual, utilizado para auxiliar na identificação dos gestos articulatorios das consoantes alvos.

Os dados que confirmaram essa afirmação foram:

(i) Quanto à análise perceptivo auditiva:

i.1: Dados de “Generalização a itens não utilizados no tratamento” e “Generalização para outra posição na palavra” apresentaram altos percentuais de ocorrência no período pós-terapia, para os três sujeitos considerados na pesquisa (uma criança com desvio fonológico tratada sem o auxílio do *feedback* visual da ultrassonografia e duas com o apoio desse recurso terapêutico);

i.2: Julgamento perceptivo auditivo da produção das consoantes oclusivas apontou 100% de produção correta de [k] ou [g], a partir da terceira coleta dos dados de fala, para os três sujeitos tratados.

(ii) Quanto à análise das imagens de ultrassonografia de língua:

ii.1: As proporções de eixos significantes da região anterior e posterior de língua sugeriram diferenças evidentes entre as curvas de língua produzidas durante a formação de constrictões alveolares e velares, também a partir da terceira coleta dos dados de fala, para todos os sujeitos;

ii.2: A inspeção visual das curvas de língua forneceram evidências de mudanças dos gestos articulatórios para os três sujeitos incluídos no estudo, do mesmo modo, após 10 sessões de terapia de fala, isto é, a partir da terceira coleta de dados.

Como discutido no artigo que aborda a terapia de fala dos casos desviantes, supõe-se que alguns contrastes fônicos sejam menos complexos a ponto de serem mais facilmente acessados, tanto perceptualmente, como por meio das instruções articulatórias do terapeuta. Comentário que remete às consoantes oclusivas pesquisadas neste estudo. Contrariamente, pode-se pensar que contrastes compostos por variáveis do trato menos acessíveis, ou com trajetórias mais complexas dos gestos articulatórios, poderiam apresentar maior benefício de instrumentos de *feedback* visual, como o caso das imagens de ultrassonografia de língua.

Independentemente da conduta terapêutica, com e sem o apoio do *feedback* visual das imagens de ultrassonografia de língua, se constatou a eficácia da terapia para os casos de desvio fonológico proposta no presente trabalho. Os princípios terapêuticos e seus procedimentos foram embasados pelo viés teórico da Fonologia Gestual e, com isso, preocupou-se com: (i) o contraste; (ii) a adoção de estratégias que valorizassem a multimodalidade dos gestos articulatórios; (iii) o uso de estratégias de produção e percepção, e; (iv) o conhecimento do funcionamento

fonológico da criança (FREITAS, 2007, 2012; HODSON e JARDINE, 2009; RODRIGUES, 2007; SCHLIEMANN, 2011).

Poucos estudos que também se propuseram a investigar o tratamento fonoaudiológico de alterações de fala à luz da teoria da Fonologia Gestual verificaram, da mesma maneira, algumas evidências de superações de dificuldades relacionadas ao sistema fônico (FREITAS, 2007, 2012; RODRIGUES, 2007; SCHLIEMANN, 2011). Rodrigues (2007) em sua dissertação de mestrado discorre sobre alguns fundamentos importantes para a terapia de fala:

O que se sugere, em princípio, é que esse trabalho seja direcionado com a preocupação de que a criança consiga atentar para distinções entre seu próprio padrão de pronúncia em relação ao padrão de pronúncia considerado convencional. A partir disso, podem ser fornecidas à criança pistas – articulatórias, sensório-motoras, auditivas – sobre como ela pode tentar superar a falta de uma distinção fônica suficientemente distintiva. O intuito é fornecer informações necessárias sobre o contraste fônico em foco para que a própria criança – a partir de características acústicas e/ou articulatórias que forem mais perceptíveis a ela – descubra um caminho que a possibilite estabelecer distinções suficientes para o contraste fônico se tornar efetivo para os ouvintes (RODRIGUES, 2007, p. 143).

Não foram encontrados trabalhos que confrontassem os dados de terapia com e sem o suporte do *feedback* visual para o estabelecimento de novos contrastes de sons. Porém, tem se observado um crescente interesse da área em testar novos procedimentos como esse durante a terapia de fala (ADLER-BOCK et al., 2007; BACSFALVI e BERNHARDT, 2011; BERNHARDT et al., 2003, 2005, 2008; BYUN, HITCHCOK e SWARTZ, 2014; CLELAND, SCOBIE e WRENCH, 2015; HITCHCOCK e BYUN, 2015; LIPETZ e BERNHARDT, 2013; MODHA et al., 2008; PRESTON, BRICK e LANDI, 2013; PRESTON et al., 2014; PRESTON et al., 2015).

Muitos desses estudos têm verificado resultados favoráveis para a superação das dificuldades de fala por meio do auxílio do *feedback* visual das imagens de ultrassonografia de língua. Por exemplo, Cleland, Scobbie e Wrench (2015), ao estudar dentre outros contrastes, dados de anteriorização de velares do Inglês, observaram a eficácia da terapia guiada pelo *biofeedback* visual do ultrassom por meio da melhora dos percentuais de generalização e pela modificação das curvas de língua pré e pós-terapia.

Em razão das imagens de ultrassonografia em tempo real ofertarem um acesso direto das constrições de língua, como reforço às instruções conduzidas pelo terapeuta, bem como, devido a uma experiência positiva para a propriocepção e o automonitoramento dos gestos articulatórios envolvidos para a produção dos contrastes fônicos, foi suposta uma superioridade desse recurso terapêutico na implementação de novos padrões gestuais.

Poucos achados da presente pesquisa ratificam a ideia exposta no parágrafo anterior. Por exemplo, um dos sujeitos tratados com o recurso do *feedback* visual (S2) apresentou em sua fala, mesmo que em um baixo percentual de produção de correta, a produção “padrão” de oclusivas velares identificadas por meio de análise de oitiva, já na segunda coleta dos dados de fala, ou seja, após apenas cinco sessões de intervenção fonoaudiológica. Ainda com relação aos resultados desse sujeito, esse foi o que apresentou maiores percentuais de “Generalização para outra classe de sons” e, também, o que aparentava ter maior variabilidade no traçado das curvas de língua desde as primeiras avaliações. Além dos achados exclusivos a esse sujeito, foi também observada maior proporção de eixos significantes para os dois sujeitos tratados com o *feedback* visual durante o transcorrer da terapia. Contudo, em razão do número reduzido da amostra, tais resultados não apresentam representação expressiva e devem ser interpretados com cautela.

Ainda quanto à hipótese três, foi também mencionada a possibilidade de se identificar evidências de emergência de um novo padrão fônico por meio de dados ultrassonográficos, anteriores à identificação do contraste via percepção auditiva. No entanto, não foram observados dados consistentes que sustentem tal hipótese, ao menos por meio dos parâmetros abordados nesta pesquisa.

As maiores modificações referentes às produções do contraste entre oclusivas alveolares e velares foram verificadas na terceira coleta de dados, por meio de ambas as análises de fala (perceptivo auditiva e ultrassonográfica). As exceções se devem novamente a alguns dados de S2, sujeito que recebeu o reforço do *feedback* das imagens de ultrassom. Por exemplo, na primeira coleta de fala, com o julgamento perceptivo, a oclusiva [g] apresentou percentual igual a 0% de produção correta, contudo, com relação à mesma coleta, a análise das proporções de eixos significantes da oclusiva velar vozeada já mostrava diferenças entre as constrições alveolar e velar. Outro indício de contrastes encobertos que poderia ser

considerado diz respeito à variabilidade dos dados, uma vez que poderia fornecer inferências sobre as oscilações da construção do sistema fônico. A variabilidade não foi medida por meio de dados quantitativos, todavia, com a inspeção visual da *splines* de língua foram obtidos alguns indícios de produção instáveis dos segmentos oclusivos também desde a primeira coleta dos dados de fala.

Como já reforçado no artigo que abordou essa hipótese de pesquisa, acredita-se que os parâmetros articulatórios adotados possam não ter sido sensíveis para apreender o contraste encoberto. Corroborando ao achado de Byun, Buchwald e Mizoguchi (2015), é provável que para algumas distinções fônicas o contraste esteja sendo marcado em um domínio (ou parâmetro) não extraído, como por exemplo, por meio de um parâmetro dinâmico de análise.

Ao finalizar este trabalho, além de discutir acerca de seus achados, são também reconhecidos alguns dos desafios enfrentados para a sua realização, seja pela adoção de um novo viés teórico, ou pelo emprego de duas metodologias de análise de fala. Em especial, a análise das imagens de ultrassom de língua representou o principal desses desafios, em todas as fases de execução da pesquisa, desde a estruturação de laboratório, elaboração metodológica, conhecimento do aparelho, realização de coleta e busca de possibilidades de análises.

A ultrassonografia como instrumento de análise dos sons da fala, ainda representa um tema novo e instigante no Brasil, que motivou inclusive um encontro de cinco Universidades no ano de 2012, dos Cursos de Fonoaudiologia e de Letras, os quais haviam adquirido esse aparato tecnológico. Os progressos sobre esse tema não se restringem exclusivamente ao âmbito nacional. Durante pelo menos os últimos quatro anos se observou o aumento de estudos, bem como, as evoluções quanto aos aspectos metodológicos das pesquisas em vários países.

Por fim, acredita-se que os achados aqui apresentados reforçam os princípios da teoria selecionada para conduzir todas as etapas do trabalho, assim como, vão ao encontro de alguns estudos que também já objetivaram melhor entender a construção dos contrastes fônicos no DTF e nos desvios fonológicos.

Também, com o término do trabalho, é possível listar algumas limitações da pesquisa, no que diz respeito: a falta de um parâmetro articulatório dinâmico (com informações de tempo e trajetória dos gestos articulatórios); a não associação das

imagens de ultrassom de língua a outro instrumento de análise articulatória; a ausência de uma investigação acerca de prováveis influências de outros contextos silábicos (com variação do contexto vocálico, da tonicidade, entre outros); além disso, de dados quantitativos que possibilitassem a comparação direta entre as análises acústica e articulatória dos movimentos de língua.

Com isso, não restam dúvidas de que ainda existam lacunas a serem exploradas por estudos futuros. Que o instigante e o desafiador continuem a motivar novas pesquisas sobre esse tema, a Linguística, a Fonoaudiologia e os pacientes agradecem.

6 CONCLUSÃO

Em suma, as hipóteses gerais formuladas para a presente tese puderam ser comprovadas em sua maioria.

Inicialmente foi hipotetizada a observação de um período de refinamento dos gestos articulatórios, mesmo após o julgamento auditivo categórico de produções padrão do contraste alvo, isto é, mesmo após a aquisição completa do sistema fônico. Dessa forma, com o auxílio de ambos os instrumentos de análise de fala a primeira hipótese da pesquisa foi confirmada a partir da comparação dos dados de adultos e crianças com DTF.

A segunda hipótese do trabalho se voltava para o desenvolvimento de fala com alterações, especialmente para os casos com diagnóstico de desvio fonológico e com produção instável das consoantes oclusivas, segmentos alvo deste estudo. Com a investigação conduzida neste trabalho foi também confirmada a ocorrência de estados gradientes e “encobertos” na fala com desvios. Indubitavelmente os parâmetros acústicos (VOT; pico espectral e momentos espectrais do *burst*, transição CV e medidas de duração relativa da oclusão e do *burst*) adotados foram sensíveis para apreensão de estados intermediários nas produções de crianças com desvio fonológico, no entanto, os parâmetros articulatórios obtidos por meio das imagens de ultrassonografia de língua (proporção de eixos significantes da região anterior e posterior de língua e descrição das curvas de língua) confirmaram em partes a segunda hipótese da pesquisa. Por meio dos parâmetros articulatórios foi possível tecer considerações acerca da presença de contrastes em construção na fala desviante, principalmente por meio da inspeção visual das curvas de língua.

A última hipótese também foi apenas parcialmente comprovada por meio dos achados discutidos no transcórre desta tese. A terapia de fala aqui proposta e seus procedimentos terapêuticos se mostraram eficazes para a aquisição do contraste entre as oclusivas alveolares e velares. Todavia, a utilização do recurso terapêutico do *feedback* visual das imagens de ultrassonografia de língua não apresentou fortes evidências de superioridade dessa técnica em contraponto a sua não aplicação, ao menos por meio dos resultados da análise perceptivo auditiva e articulatória aqui conduzidas, antes, durante a após o tratamento. Além disso, outro resultado também contrariou a hipótese do estudo, a análise articulatória via imagens de ultrassom não

se mostrou mais sensível na apreensão de estados gradientes durante o processo terapêutico em relação à análise perceptivo auditiva.

Os parâmetros acústicos e articulatórios antes de apreenderem o período de estabilização durante o DTF e de evidenciarem os contrastes encobertos na fala desviante (ao menos na maior parte desses parâmetros), foram importantes para a caracterização do contraste entre oclusivas alveolares e velares nos três grupos investigados.

A presente tese pretende colaborar para o entendimento dos processos de estabilização dos contrastes fônicos durante o desenvolvimento típico e, para a compreensão das peculiaridades envolvidas durante a construção da distintividade de sons na fala com desvio fonológico. Deseja-se com isso, que esta tese consiga instigar outros questionamentos e direcionamentos para a prática fonoaudiológica, dentre eles, a importância de associar a análise perceptivo auditiva a análises instrumentais de fala, tanto nas pesquisas como na rotina terapêutica.

Espera-se, também, incentivar estudos futuros, como por exemplo, a comparação de distintos instrumentos de análise articulatória, bem como, a investigação do recurso terapêutico do *feedback* visual na implementação de contrastes fônicos mais complexos ou na adequação de outras desordens de fala, como os erros residuais de fala e as alterações de fala decorrentes de fissura labiopalatina, de apraxia ou, até mesmo, de gagueira.

REFERÊNCIAS

ADLER-BOCK, M. et al. The use of ultrasound in remediation of North American English /r/ in 2 adolescents. **American Journal of Speech-Language Pathology**, v. 16, n. 2, p. 128-139, 2007.

ALBANO, E. C. **Da fala à linguagem tocando de ouvido**. São Paulo: Martins Fontes, 1990.

_____. **O gesto e suas bordas: esboço de fonologia acústico-articulatória do Português Brasileiro**. Campinas: Mercado das Letras-Associação de Leitura do Brasil – ALB, 2001.

_____. Uma introdução à dinâmica em fonologia, com foconos trabalhos desta coletânea. **Revista da ABRALIN**, Natal, n. 2, p. 1-30, 2012.

BACSFALVI, P.; BERNHARDT, B. M. Long-term outcomes of speech therapy for seven adolescents with visual feedback technologies: ultrasound and electropalatography. **Clinical Linguistics & Phonetics**, v. 25, n. 11-12, p.1034-1043, 2011.

BARBERENA, L. S.; KESKE-SOARES, M.; BERTI, L. C. Descrição dos gestos articulatórios envolvidos na produção dos sons /r/ e //l/. **Audiology Communication Research**, v. 19, n. 4, p. 338-344, 2014.

BENES et al. Myelinization of a key relay zone in the hippocampal formation occurs in the human brain during childhood, adolescence, and adulthood. **Archive of General Psychiatry**, v. 51, p. 477-484, 1994.

BERNHARDT, B. et al. Speech habilitation of hard of hearing adolescents using electropalatography and ultrasound as evaluated by trained listeners. **Clinical Linguistics & Phonetics**, v. 17, n. 3, p. 199–216, 2003.

_____. Ultrasound in speech therapy with adolescents and adults. **Clinical Linguistics & Phonetics**, v. 19, n. 6-7, p. 605-617, 2005.

_____. Ultrasound as visual feedback in speech habilitation: exploring consultative use in rural British Columbia, Canada. **Clinical Linguistics & Phonetics**, v. 22, n. 2, p. 149-162, 2008.

BERTI, L. C. Um estudo comparativo de medidas acústicas em crianças com e sem problemas na produção de /s/ e /S/. **Estudos Lingüísticos XXXIV**, p. 1337-1342, 2005.

_____. **Aquisição incompleta do contraste entre /s/ e /S/ em crianças falantes do Português Brasileiro**. 2006, 221 f. Tese (Doutorado em Linguística) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2006.

_____. Investigação da produção de fala a partir da ultrassonografia do movimento de língua. In: 19º CONGRESSO BRASILEIRO DE FONOAUDIOLOGIA, 2010, Curitiba. **Anais ...** Curitiba: Sociedade Brasileira de fonoaudiologia, 2010a.

_____. Contrastes e contrastes encobertos na produção da fala de Crianças. **Pró-Fono: revista de atualização científica**, v. 22, n. 4, p. 531-536, 2010b.

_____. 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. (Orgs.). **Estudos em Aquisição Fonológica**. Pelotas: Editora e Gráfica Universitária PREC - UFPel, v. 3, 2011. p.153-174.

_____. Investigação ultrassonográfica dos erros de fala infantil à luz da Fonologia Gestual. In: FERREIRA-GONÇALVES, G.; BRUM-DE-PAULA, M. (Orgs.). **Dinâmica dos movimentos articulatorios: sons, gestos e imagens**. Pelotas: Editora UFPel, 2013a. p.127-144.

_____. Investigação da produção de fala a partir da ultrassonografia do movimento de língua à luz da Fonologia Gestual. In: GIACHETI, C. C.; GIMENIZ-PASCHOAL, S. R. (Orgs.). **Perspectivas multidisciplinares em Fonoaudiologia: da avaliação à intervenção**. São Paulo: Cultura Acadêmica, v. 1, 2013b. p. 275-292.

BERTI, L. C.; BOER, G. D.; BRESSMANN, T. Tongue displacement and durational characteristics of normal and disordered Brazilian Portuguese liquids. **Clinical Linguistics & Phonetics**, v. 30, n. 2, p. 131-149, 2016.

BERTI, L. C.; FERREIRA-GONÇALVES, G. A aquisição do contraste /t/ e /k/ sob a ótica dinâmica. **Revista da ABRALIN**, Natal, n. 2, p. 139-196, 2012.

BERTI, L. C.; MARINO, V. C. C. Marcas linguísticas constitutivas do processo de aquisição do contraste fônico. **Revista do GEL**, São Paulo, v. 5, n. 2, p. 103-121, 2008.

_____. Contraste fônico encoberto entre /t/ e /k/: um estudo de caso de normalidade e de transtorno fonológico. **Revista CEFAC**, v. 13, n. 5, p. 866-875, 2011.

BERTICELLI, A.; MOTA, H. B. Ocorrência das estratégias de reparo para os fonemas plosivos, considerando o grau do desvio fonológico. **Revista CEFAC**, v. 15, n. 3, p. 572-578, 2013.

BONATTO, M. T. R. L. **Vozes infantis: a caracterização do contraste de vozeamento das consoantes plosivas no Português Brasileiro na fala de crianças de 3 a 12 anos**. 2007. 205 f. Tese (Doutorado em Linguística Aplicada e Estudos da Linguagem) – Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, São Paulo, 2007a.

_____. A produção de plosivas por crianças de três anos falantes do Português Brasileiro. **Revista CEFAC**, v. 9, n. 2, p. 199-206, 2007b.

BRASIL, B. C. et al. O uso da estratégia de alongamento compensatório em diferentes gravidades do desvio fonológico. **Revista da Sociedade Brasileira de Fonoaudiologia**, v. 15, n. 2, p. 231-237, 2010.

BRESSMANN, T. et al. An ultrasonographic investigation of cleft-type compensatory articulations of voiceless velar stops. **Clinical Linguistics & Phonetics**, v. 25, n. 11-12, p.1028-1033, 2011.

BROWMAN, C.; GOLDSTEIN, L. Towards an Articulatory Phonology. **Phonology Yearbook**, n. 3, p. 219-252, 1986.

_____. Articulatory gestures as phonological units. **Phonology Yearbook**, n. 6, p. 201-251, 1989.

_____. Tiers in Articulatory Phonology. In: KINGSTON, J.; BECKMAN, M. (Eds.). **Papers in Laboratory Phonology 1: between the grammar and physics of speech**. Cambridge: Cambridge University Press, 1990. p. 341-376.

_____. Articulatory Phonology: an overview. **Phonetica**, v. 49, p.155-180, 1992.

BYUN, T. M.; BUCHWALD, A.; MIZOGUCHI, A. Covert contrast in velar fronting: An acoustic and ultrasound study. **Clinical Linguistics & Phonetics**, v. 1, p.1-27, 2015.

BYUN, T. M.; HITCHCOCK, E. R. Investigating the use of traditional and spectral biofeedback approaches to intervention for /r/ misarticulation. **American Journal of Speech-Language Pathology**, v. 21, p. 207-221, 2012.

BYUN, T. M.; HITCHCOCK, E. R.; SWARTZ, M. T. Retroflex versus bunched in treatment for rhotic misarticulation: evidence from ultrasound biofeedback intervention. **Journal of Speech, Language, and Hearing Research**, v. 57, p. 2116-2130, 2014.

CAMPBELL, F. et al. Spatial and Temporal Properties of Gestures in North American English /R/. **Language and Speech**, v. 53, p. 49-69, 2010.

CHENG, H. Y. et al. Electropalatographic assessment of tongue-to-palate contact patterns and variability in children, adolescents, and adults. **Journal of Speech, Language, and Hearing Research**, v. 50, p. 375-392, 2007.

CHO, T.; LADEFOGED, P. Variation and universals in VOT: evidence from 18 languages. **Journal of Phonetics**, v. 27, p. 207-229, 1999.

CHOMSKY, N.; HALLE, M. **The sound pattern of English**. New York: Harper & Row, 1968.

CLELAND, J.; SCOBIE, J. M.; WRENCH, A. A. Using ultrasound visual biofeedback to treat persistent primary speech sound disorders. **Clinical Linguistics & Phonetics**, v. 29, n. 8-10, p. 575-597, 2015.

CLEMENTS, G. N.; HUME, E. V. The internal organization of speech sounds. In: GOLDSMITH, J. A. (ed.). **The handbook of phonological theory**. Cambridge: Blackwell, 1995. p. 245-306.

COSTA, L. T. **Abordagem dinâmica do Rotacionismo**. 2011, 176 f. Tese (Doutorado em Linguística) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2011.

CRISTOFOLINI, C. **Gradiência na fala infantil: caracterização acústica de segmentos plosivos e fricativos e evidências de um período de “refinamento articulatório”**. 2013, 300f. Tese (Doutorado em Linguística) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2013.

DELATTRE, P. C.; LIBERMAN, A. M.; COOPER, F. S. Acoustic loci and transitional cues for consonants. **Journal of the Acoustical Society of America**, v. 27, n. 4, p. 769-773, 1955.

DIAS, R.F. **A estratégia de alongamento compensatório e sua relação com habilidades metalinguísticas no desvio fonológico**. 2009. 112 f. Dissertação (Mestrado em Distúrbios da Comunicação Humana) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2009.

FERRANTE, C.; BORSEL, J. V.; PEREIRA, M. M. B. Aquisição fonológica de crianças de classe sócio econômica alta. **Revista CEFAC**, São Paulo, v. 10, n. 4, p. 452-460, 2008.

FORREST, K. et al. Spectral analysis of target-appropriate /t/ and /k/ produce by phonologically disordered and normally articulating children. **Clinical Linguistics & Phonetics**, v. 8, n. 4, p. 267-281, 1994.

FREITAS, M. C. **Aquisição de contrastes entre obstruintes coronais em crianças com padrões fônicos não esperados para sua faixa etária**. 2007, 176 f. Dissertação (Mestrado em Linguística) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2007.

_____. **O gesto fônico na aquisição “desviante”**: movimentos entre a produção e a percepção. 2012, 220 f. Tese (Doutorado em Linguística) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2012.

GAFOS, A. I. A grammar of gestural coordination. **Natural Language and Linguistic Theory**, v. 20, n. 2, p. 269-337, 2002.

GIACCHINI, V.; MOTA, H. B.; MEZZOMO, C. L. Variáveis relevantes no processo terapêutico para a aquisição do onset complexo na fala de crianças com desvio fonológico. **Revista CEFAC**, São Paulo, v. 17, supl. 1, p. 17-26, 2015.

GIBBON, F. Undifferentiated lingual gestures in children with articulation/phonological disorders. **Journal of Speech, Language, and Hearing Research**, v. 42, p. 382-397, 1999.

- GIBBON, F.; PATERSON, L. A survey of speech and language therapists' views on electropalatography therapy outcomes in Scotland. **Child Language Teaching and Therapy**, v. 22, p. 275-292, 2006.
- GICK, B. The use of ultrasound for linguistic phonetic fieldwork. **Journal of the International Phonetic Association**, v. 32, n. 2, p. 113-121, 2002.
- GOLDSTEIN, L. et al. Dynamic action units slip in speech production errors. **Cognition**, v. 103, p. 386-412, 2007.
- GRIGOS, M. I. Changes in articulator movement variability during phonemic development: a longitudinal study. **Journal of Speech, Language, and Hearing Research**, v. 52, n. 1, p. 164-177, 2009.
- GRIGOS, M. I.; SAXMAN, J. H.; GORDON, A. M. Speech motor development during acquisition of the voicing contrast. **Journal of Speech, Language, and Hearing Research**, v. 48, n. 4, p. 739-752, 2005.
- HITCHCOCK, E. R.; BYUN, T. M. Enhancing generalisation in biofeedback intervention using the challenge point framework: a case study. **Clinical Linguistics & Phonetics**, v. 29, n. 1, p. 59-75, 2015.
- HODSON, S. L.; JARDINE, B. R. Revisiting Jarrod: Applications of gestural phonology theory to the assessment and treatment of speech sound disorder. **International Journal of Speech-Language Pathology**, v. 11, n. 2, p. 122-134, 2009.
- HUTTENLOCHER, P. R. Morphometric study of human cerebral cortex development. **Neuropsychologia**, v. 28, n. 6, p. 517-527, 1990.
- KENT, R. D.; READ, C. **The acoustic analysis of speech**. San Diego: Singular, 1992. p. 238.
- KIM, M.; STOEL-GAMMON, C. The acquisition of Korean word-initial stops. **Journal of the Acoustical Society of America**, v. 125, n. 6, p. 3950-3961, 2009.
- KLEIN, H. B. et al. A multidimensional investigation of children's /r/ productions: perceptual, ultrasound, and acoustic measures. **American Journal of Speech-Language**, v. 22, p. 540-553, 2013.
- KOCJANČIČ, T. Tongue movement and syllable onset complexity: ultrasound study. In: ISCA - tutorial and Research Workshop on Experimental Linguistics (ExLing 2008), 2008, Athens. **Anais ... Proceedings of ISCA Experimental Linguistics ExLing 2008**, Aug 2008, p. 125-128.
- KOENIG, L. L. Laryngeal factors in voiceless consonant production in men, women, and 5-year-olds. **Journal of Speech, Language, and Hearing Research**, v. 43, n. 5, p. 1211-128, 2000.

KOOLSCHIJN, P. C.; CRONE, E. A. Sex differences and structural brain maturation from childhood to early adulthood. **Developmental Cognitive Neuroscience**, v. 5, p. 106-118, 2013.

LADEFOGED, P.; MADDIESON, I. **The sound's of the world's languages**. Massachusetts: USA Blackwell Publishers, 1996.

LAMPRECHT, R. R. et al. **Aquisição fonológica do Português: perfil de desenvolvimento e subsídios para a terapia**. Porto Alegre: Artmed, 2004. p. 232.

LEVY, I. P. **Uma nova face da nau dos insensatos: a dificuldade de vozear obstruintes em crianças de idade escolar**. 1993. 227 f. Tese (Doutorado em Ciências) – Universidade Federal de Campinas, Campinas. 1993.

LIPETZ, H. M.; BERNHARDT, B. M. A multi-modal approach to intervention for one adolescent's frontal lisp. **Clinical Linguistics & Phonetics**, v. 27, n. 1, p. 1–17, 2013.

LISKER, L.; ABRAMSON, A. S. Stop categorization and voice onset time. In: PROCEEDINGS OF THE FIFTH INTERNATIONAL CONGRESS OF PHONETICS SCIENCES, 1964, Münts. **Anais ... Münts**: Haskins Laboratories, 1964. p. 389-391.

MACKEN, M.; BARTON, D. The acquisition of the voicing contrast in English: a study of voice onset time in word initial stop consonants. **Journal of Child Language**, v. 7, n. 1, p. 41-74, 1980.

MARINO, V. C. C.; BERTI, L. C.; LIMA-GREGIO, A. M. Características acústicas da oclusiva glotal associada à sequência de Pierre Robin: estudo de caso. **Revista CEFAC**, v. 15, n. 2, p. 466-477, 2013.

MARQUES, T. F.; LAZZAROTTO-VOLCÃO, C. Formação do inventário fonológico de uma criança à luz do modelo padrão de aquisição de contrastes. **Caderno de Letras**, n 24, p. 83-104, 2015.

MAXWELL, E.; WEISMER, G. The contribution of phonological, acoustic, and perceptual techniques to the characterization of a misarticulating child's voice contrast for stops. **Applied Psycholinguistics**, v. 3, p. 29-43, 1982.

McLEOD, S.; ISAAC, K. Use of spectrographic analyses to evaluate the efficacy of phonological intervention. **Clinical Linguistics & Phonetics**, v. 9, n. 3, p. 229-234, 1995.

MELO, R. M. et al. Desvio fonológico e a dificuldade com a distinção do traço [voz] dos fonemas plosivos – dados de produção e percepção do contraste de sonoridade. **Revista CEFAC**, São Paulo, v. 14, n. 1, p.18-29, 2012a.

_____. Parâmetros acústicos do contraste de sonoridade das plosivas no desenvolvimento fonológico típico e no desviante. **Revista da Sociedade Brasileira de Fonoaudiologia**, v. 17, n. 3, p. 304-312, 2012b.

_____. Caracterização acústica da sonoridade dos fones plosivos do Português Brasileiro. **Revista CEFAC**, São Paulo, v. 14, n. 2, p. 487-499, 2014.

_____. Imagens de ultrasonografia de língua pré e pós terapia de fala. **Revista CEFAC**, v. 18, n. 1, p. 286-297, 2016.

MEZZOMO, C. L. A análise acústica como subsídio para a descrição da aquisição do constituinte coda. **Letras de Hoje**, Porto Alegre, v. 38, n. 2, p.75-82, 2003.

MIELKE, J. et al. Palatron: a technique for aligning ultrasound images of the tongue and palate. **Coyote Papers**, v. 14, p. 96-107, 2005.

MILLER, A. L.; FINCH, K. B. Corrected High-Frame Rate Anchored Ultrasound With Software Alignment. **Journal of Speech, Language, and Hearing Research**, v. 54, p. 471-486, 2011.

MIRANDA, I. C. C.; SILVA, T. C. Aquisição de encontros consonantais tautossilábicos: uma abordagem multirrepresentacional. **Revista Lingüística**. v. 7, n. 1, p. 14-30, 2011.

MODHA, G. et al. Case study using ultrasound to treat /r/. **International Journal of Language & Communication**, v. 43, n. 3, p. 323-329, 2008.

MUNSON , B. et al. Deconstructing phonetic transcription: covert contrast, perceptual bias, and an extraterrestrial view of vox humana. **Clinical Linguistics & Phonetics**, v. 24, p. 245-60, 2010.

PANHOCA, I. Análise espectrográfica do desvozeamento de consoantes obstruintes em crianças de idade escolar. In: MARCHESAN, I. Q. et al. (Org.). **Tópicos em Fonoaudiologia**. São Paulo: Lovise, 1995. cap. 4, p. 51-74.

POUPLIER, M.; GOLDSTEIN, L. Asymmetries in the perception of speech production errors. **Journal of Phonetics**, v. 33, p. 47-75, 2005.

PRESTON, J. L.; BRICK, N.; LANDI, N. Ultrasound biofeedback treatment for persisting childhood apraxia of speech. **American Journal of Speech-Language Pathology**, p. 627-643, 2013.

PRESTON, J. L. et al. Ultrasound visual feedback treatment and practice variability for residual speech sound erros. **Journal of speech, language, and hearing research**, v. 57, p. 2102-2115, 2014.

_____. Limited acquisition and generalisation of rhotics with ultrasound visual feedback in childhood apraxia. **Clinical Linguistics & Phonetics**, Early Online, p. 1–17, 2015.

RANGEL, G. A. **Uma análise auto-segmental da fonologia normal**: estudo longitudinal de três crianças de 1:6 a 3:0. 1998, 119 f. Dissertação (Mestrado em Letras) – Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1998.

RINALDI, L. C. **Procedimentos para a Análise de Vogais e Obstruintes na Fala Infantil do Português Brasileiro**. 2010, 175 f. Dissertação (Mestrado em Linguística) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2010.

RINALDI, L. C., ALBANO, E. C. E. Contrastes em estabilização em crianças sem queixas fonoaudiológicas. **Verba Volant**, v. 3, n. 1, p. 1-23, 2012.

RODRIGUES, L. L. **Aquisição dos róticos em crianças com queixa fonoaudiológica**. 2007; 170 f. Dissertação (Mestrado em Linguística) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2007.

_____ et al. Acertos gradientes nos chamados erros de pronúncia. **Revista do Programa de Pós-graduação em Letras (PPGL/UFMS)**, Santa Maria, v. 36, p. 85-112, 2008.

_____. Momentos de mudança no processo de aquisição do sistema fônico. **Verba Volant**, v. 3, n. 1, p. 99-109, 2012.

RUSSO, I.; BEHLAU, M. As pistas acústicas das vogais e consoantes. In: _____. **Percepção da fala: análise acústica**. São Paulo: Lovise, 1993. Cap.3, p. 25-50.

SCHLIEMANN, L. R. R. **Contraste de vozeamento por crianças entre 6 – 8 anos - uma abordagem dinâmica**. 2011, 321 f. Dissertação (Mestrado em Linguística) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2011.

SCOBIE, J. M. Interactions between the acquisition of phonetics and phonology. In: PAPERS FROM THE 34th ANNUAL REGIONAL MEETING OF THE CHICAGO LINGUISTIC SOCIETY, II., 1998, Chicago. **Anais...** Chicago: Chicago Linguistics Society.

SILVA, A. H. P. Pela incorporação de informação fonética aos modelos fonológicos. **Revista Letras**, n. 60, p. 319-333, 2003.

STONE, M. A guide analysing tongue motion from ultrasound images. **Clinical Linguistics and Phonetics**, v. 19, n. 6-7, 2005.

SVICERO, M. A. F. **Caracterização acústica e de imagens de ultrassonografia das vogais orais do Português Brasileiro**. Dissertação (Mestre em Linguística Aplicada e Estudos da Linguagem) – Pontifícia Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012.

THEODORE, R. M.; MILLER, J. L.; DeSTENO, D. Individual talker differences in voice-onset-time: contextual influences. **Journal of the Acoustical Society of America**, v. 125, n. 6; p. 3974-3982, 2009.

TORETI, G.; RIBAS, L. P. Aquisição fonológica: descrição longitudinal dos dados de fala de uma criança com desenvolvimento típico. **Letrônica**, v. 3, n. 1, p. 42-61, 2010.

TYLER, A. A.; EDWARDS, M.; SAXMAN, J. Acoustic validation of phonological knowledge and its relationship to treatment. **Journal of Speech and Hearing Disorders**, v. 55, p. 251-261, 1990.

TYLER, A. A.; FIGURSKI, G. R.; LANGSDALE, T. Relationships between acoustically determined knowledge of stop place and voicing contrasts and phonological treatment progress. **Journal of Speech and Hearing Research**, v. 36, p. 746-759, 1993.

WERTZNER, H. F.; FRANCISCO, D. T.; PAGAN-NEVES, L. O. Contorno de língua dos sons /s/ e /ʃ/ em crianças com transtorno fonológico. **CoDAS**, v. 26, n. 3, p. 248-251, 2014.

WERTZNER, H. F.; PAGAN-NEVES, L. O.; CASTRO, M. M. Análise acústica e índice de estimulabilidade nos sons líquidos do português brasileiro. **Revista CEFAC**, v. 9, n. 3, p. 339-350, 2007.

WIETHAN, F. M. **Aquisição do vocabulário e da fonologia do português brasileiro**. 2015, 138 f. Tese (Doutorado em Distúrbios da Comunicação Humana) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2015.

WILSON, I. Using ultrasound for teaching and researching articulation. **Acoustical Science and Technology**, v. 35, n. 6, p. 285-289, 2014.

WILSON, I.; GICK B. Ultrasound Technology and Second Language Acquisition Research. In: PROCEEDINGS OF THE 8th GENERATIVE APPROACHES TO SECOND LANGUAGE ACQUISITION CONFERENCE – GASLA, 2006, Somerville. **Anais ...** Somerville: Cascadilla Proceedings Project, 2006. p. 148-152.

WRENCH, A. A.; CLELAND, J.; SCOBIE, J. M. An ultrasound protocol for comparing tongue contours: upright vs supine. In: 17th INTERNATIONAL CONGRESS OF PHONETIC SCIENCES (ICPhS XVII), 2011, Hong Kong. **Anais ...** Hong Kong, 2011.

ZHARKOVA, N.; HEWLETT, N.; HARCATTLE, W. J. Coarticulation as an Indicator of Speech Motor Control Development in Children: Na Ultrasound Study. **Motor Control**, v. 15, p. 118-140, 2011.

_____. An ultrasound study of lingual coarticulation in /sV/ syllables produced by adults and typically developing children. **Journal of the International Phonetic Association**, v. 42, n. 2, p. 193-208, 2012.

ZHARKOVA, N. et al. Spatial and temporal lingual coarticulation and motor control in preadolescents. **Journal of Speech, Language, and Hearing Research**, v. 57, p. 374-388, 2014.

APÊNDICES

APÊNDICE A – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE) – ADULTOS

Universidade Federal de Santa Maria
 Centro de Ciências da Saúde
 Programa de Pós-Graduação em Distúrbios da Comunicação Humana

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Título do projeto: “DADOS DE PRODUÇÃO E PERCEPÇÃO DO CONTRASTE FÔNICO ENTRE PLOSIVAS ALVEOLARES E VELARES NA FALA TÍPICA E COM ERROS DE FALA”

Pesquisadora responsável: Profa. Helena Bolli Mota

Instituição: Universidade Federal de Santa Maria (UFSM)

Departamento: Departamento de Fonoaudiologia

Telefone para contato: (55) 3220-9239 / (55) 9982-8063

Pesquisadora participante: Fga. Ms. Roberta Michelon Melo

Você está sendo convidado(a) para participar, como voluntário, em uma pesquisa. Você precisa decidir se quer participar ou não. Por favor, não se apresse em tomar a decisão. Leia cuidadosamente o que se segue e pergunte ao responsável pelo estudo qualquer dúvida que você tiver. Após ser esclarecido(a) sobre as informações a seguir, no caso de aceitar fazer parte do estudo, assine ao final deste documento, que está em duas vias. Uma delas é sua e a outra é do pesquisador responsável. Em caso de recusa você não será penalizado(a) de forma alguma.

Objetivo da pesquisa: investigar as características acústicas e articulatórias dos sons /k, t, d, g/ na fala de crianças com desenvolvimento de fala típico, de adultos e de crianças com erros de fala (com alteração na produção dos sons citados). Além disso, avaliar a percepção auditiva desses sons e pesquisar a aplicabilidade da ultrassonografia na terapia fonoaudiológica de crianças com erros de fala.

Justificativa: os sons /k, t, d, g/, como nas palavras – cocó, tatu, dado e gostou – são observados desde as primeiras produções de crianças pequenas, porém, quando alterado, em crianças maiores, causa grande prejuízo na compreensão de sua fala. Crianças com alteração de fala são comuns na clínica fonoaudiológica. Desse modo, com a intenção de melhor compreender os processos envolvidos durante a produção desses sons, bem como, contribuir para o diagnóstico, terapia e alta fonoaudiológica desses casos, serão empregados procedimentos objetivos de avaliação desses sons, como a observação da imagem do movimento de língua durante a produção de /k, t, d, g/ através da ultrassonografia e análise acústica dessas consoantes, na qual a gravação de fala é analisada por meio de um programa de computador.

Procedimentos: Será realizada uma entrevista e serão medidos o peso e altura, para o cálculo do Índice de Massa Corporal e, após, serão realizadas algumas avaliações fonoaudiológicas, sendo elas: **1)** Avaliação dos órgãos da fala (lábios, língua, bochechas, dentes e “céu” da boca), através da observação e mobilidade desses órgãos e de suas funções (mastigação, deglutição – ato de engolir, fala e respiração), utilizando-se pão francês e água; **2)** Avaliação de linguagem, fala e voz (aspectos observados durante a fala espontânea, produção de um /a/ e um /e/ prolongado, além da repetição de algumas palavras); **3)** Avaliação da audição (realizada através de fones de ouvido, de onde serão emitidos “apitos”, os quais o sujeito deverá identificar levantando a mão). Para todos os sujeitos que se enquadrarem nos critérios de inclusão da pesquisa serão realizadas ainda: **4)** Avaliação das habilidades motoras orais (movimentos faciais de lábios, língua, face e bochecha e, repetição de sílabas). **5)** Avaliação da percepção auditiva (reconhecimento auditivo e visual da palavra ouvida); **6)** Coleta de fala (gravação de fala para posterior análise dos sons /k, t, d, g/. O sujeito será posicionado em uma cabine audiométrica, deverá nomear as palavras “capa, cubo, tapa, tubo, Dara, ducha, galo e gula”, representadas através de figuras. No mesmo instante serão coletadas imagens de ultrassom do movimento de língua, para isso, um pequeno aparelho será posicionado abaixo do queixo e se

procurará deixar a cabeça o mais imóvel possível, com o auxílio de um capacete, durante todo o procedimento).

Local: todas as avaliações serão realizadas no Serviço de Atendimento Fonoaudiológico (SAF), Rua Marechal Floriano Peixoto, nº. 1751, 7º andar.

Possíveis riscos e desconfortos: as avaliações citadas não oferecerão riscos, poderá surgir apenas um pequeno desconforto em relação ao tempo utilizado para as avaliações, à ingestão de alimento e água durante a avaliação dos órgãos da fala e durante a coleta das imagens de ultrassom, por exigir que a cabeça permaneça imóvel. O sujeito, sob qualquer hipótese, não será forçado a fazer o que não deseja.

Benefícios: esses envolvem o recebimento gratuito de avaliação fonoaudiológica nos aspectos de linguagem, fala, voz e audição, podendo-se assim, na presença de alterações, o próprio sujeito procurar os recursos necessários. Com exceção das crianças com erros de fala que se enquadrarem nos critérios do estudo, os encaminhamentos a outros profissionais ou terapia fonoaudiológica, por exemplo, não serão garantidos aos demais sujeitos avaliados, sendo realizada apenas indicação de locais para realização de avaliações e tratamentos, caso necessário. Destaca-se que será fornecido um parecer fonoaudiológico ao sujeito da pesquisa, constando um resumo sobre o que foi encontrado em cada avaliação realizada e orientações.

Garantia de acesso e de sigilo: os dados de identificação e materiais gravados serão descaracterizados, sendo os mesmos utilizados única e exclusivamente em eventos científicos. É permitido aos participantes desistirem da pesquisa em qualquer momento, sem que isso acarrete prejuízo ao acompanhamento de seu caso. Além disso, poderão receber, sempre que solicitadas, informações atualizadas sobre todos os procedimentos, objetivos e resultados do estudo realizado. A participação dos sujeitos na pesquisa será isenta de despesas e de auxílios financeiros.

Período da pesquisa: o período de coleta de dados compreenderá de junho de 2013 à julho de 2014, no entanto, o estudo só será concluído em fevereiro de 2016 com a defesa da tese de doutorado e publicação dos resultados obtidos.

Eu, _____, abaixo assinado, concordo em participar deste estudo como sujeito. Fui suficientemente informado(a) a respeito das informações que li ou que foram lidas para mim, descrevendo o estudo “Dados de produção e percepção do contraste fônico entre plosivas alveolares e velares na fala típica e com erros de fala”.

Local e data _____

Assinatura do sujeito ou responsável: _____

Declaro que obtive de forma apropriada e voluntária o Consentimento Livre e Esclarecido deste sujeito de pesquisa ou representante legal para a participação neste estudo.

Santa Maria _____, de _____ de 201_____



Prof. Dra. Helena Bolli Mota

APÊNDICE B – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE) – CRIANÇAS

Universidade Federal de Santa Maria
Centro de Ciências da Saúde
Programa de Pós-Graduação em Distúrbios da Comunicação Humana

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Título do projeto: “DADOS DE PRODUÇÃO E PERCEPÇÃO DO CONTRASTE FÔNICO ENTRE PLOSIVAS ALVEOLARES E VELARES NA FALA TÍPICA E COM ERROS DE FALA”

Pesquisadora responsável: Profa. Helena Bolli Mota

Instituição: Universidade Federal de Santa Maria (UFSM)

Departamento: Departamento de Fonoaudiologia

Telefone para contato: (55) 3220-9239 / (55) 9982-8063

Pesquisadora participante: Fga. Ms. Roberta Michelon Melo

Seu filho(a) está sendo convidado(a) para participar, como voluntário, em uma pesquisa. Você precisa decidir se autoriza a sua participação ou não. Por favor, não se apresse em tomar a decisão. Leia cuidadosamente o que se segue e pergunte ao responsável pelo estudo qualquer dúvida que você tiver. Após ser esclarecido(a) sobre as informações a seguir, no caso de permitir que seu filho(a) faça parte do estudo, assine ao final deste documento, que está em duas vias. Uma delas é sua e a outra é do pesquisador responsável. Em caso de recusa você e/ou o seu filho(a) não serão penalizados de forma alguma.

Objetivo da pesquisa: investigar as características acústicas e articulatórias dos sons /k, t, d, g/ na fala de crianças com desenvolvimento de fala típico, de adultos e de crianças com erros de fala (com alteração na produção dos sons citados). Além disso, avaliar a percepção auditiva desses sons e pesquisar a aplicabilidade da ultrassonografia na terapia fonoaudiológica de crianças com erros de fala.

Justificativa: os sons /k, t, d, g/, como nas palavras – cocó, tatu, dado e gostou – são observados desde as primeiras produções de crianças pequenas, porém, quando alterado em crianças maiores causa grande prejuízo na compreensão de sua fala. Crianças com alteração de fala são comuns na clínica fonoaudiológica. Desse modo, com a intenção de melhor compreender os processos envolvidos durante a produção desses sons, bem como, contribuir para o diagnóstico, terapia e alta fonoaudiológica desses casos, serão empregados novos instrumentos de avaliação desses sons, como a observação da imagem do movimento de língua durante a produção de /k, t, d, g/ através da ultrassonografia e análise acústica dessas consoantes, na qual a gravação de fala é analisada por meio de um programa de computador.

Procedimentos: Será realizada uma entrevista e serão medidos o peso e altura, para o cálculo do Índice de Massa Corporal e, após, serão realizadas algumas avaliações fonoaudiológicas, sendo elas: **1)** Avaliação dos órgãos da fala (lábios, língua, bochechas, dentes e “céu” da boca), através da observação e mobilidade desses órgãos e de suas funções (mastigação, deglutição – ato de engolir, fala e respiração), utilizando-se pão francês e água; **2)** Avaliação de linguagem, fala e voz (será solicitado que as crianças contem uma história a partir de algumas figuras e, ainda, será solicitada a produção de um /a/ e um /e/ prolongado, além da repetição de algumas palavras); **3)** Avaliação da audição (realizada através de fones de ouvido, de onde serão emitidos “apitos”, os quais o sujeito deverá identificar levantando a mão) e; **4)** àquelas crianças que apresentarem erros de fala passarão ainda por uma avaliação mais detalhada da produção de todos os sons do Português Brasileiro (nomeação de algumas figuras), registrada em um gravador. Para todos os sujeitos que se enquadrarem nos critérios de inclusão da pesquisa serão realizadas ainda: **5)** Avaliação das habilidades motoras orais (movimentos faciais de lábios, língua, face e bochecha e, repetição de sílabas). **6)** Avaliação da percepção auditiva (reconhecimento auditivo e visual da palavra ouvida); **7)** Coleta de fala (gravação de fala para posterior análise dos sons /k, t, d, g/. O sujeito será posicionado em uma cabine audiométrica, deverá nomear as palavras “capa, cubo, tapa, tubo, Dara, ducha, galo e gula”, representadas através de figuras. No mesmo instante serão coletadas imagens de ultrassom do movimento de

língua, para isso, um pequeno aparelho será posicionado abaixo do queixo e se procurará deixar a cabeça o mais imóvel possível, com o auxílio de um capacete, durante todo o procedimento). As crianças com erros de fala, que apresentarem trocas do tipo – [taza] para casa, [dalo] para galo, [kapeke] para tapete, entre outras – serão convidadas a participar de terapia fonoaudiológica, com sessões terapêuticas individuais, de 45 minutos cada, duas vezes por semana.

Local: todas as avaliações serão realizadas na escola de origem ou no Serviço de Atendimento Fonoaudiológico (SAF), Rua Marechal Floriano Peixoto, nº. 1751, 7º andar.

Possíveis riscos e desconfortos: as avaliações citadas não oferecerão riscos, poderá surgir apenas um pequeno desconforto em relação ao tempo utilizado para as avaliações, à ingestão de alimento e água durante a avaliação dos órgãos da fala e durante a coleta das imagens de ultrassom, por exigir que a cabeça permaneça imóvel. O sujeito, sob qualquer hipótese, não será forçado a fazer o que não deseja.

Benefícios: esses envolvem o recebimento gratuito de avaliação fonoaudiológica nos aspectos de linguagem, fala, voz e audição, podendo-se assim, na presença de alterações, os responsáveis procurarem os recursos necessários. Com exceção das crianças com erros de fala que se enquadrarem nos critérios do estudo, os encaminhamentos a outros profissionais ou terapia fonoaudiológica, por exemplo, não serão garantidos aos demais sujeitos avaliados, sendo realizada apenas indicação de locais para realização de avaliações e tratamentos, caso necessário. Destaca-se que será fornecido um parecer fonoaudiológico a cada responsável e à escola, constando um resumo sobre o que foi encontrado em cada avaliação realizada e orientações.

Garantia de acesso e de sigilo: os dados de identificação e materiais gravados serão descaracterizados, sendo os mesmos utilizados única e exclusivamente em eventos científicos. É permitido aos participantes desistirem da pesquisa em qualquer momento (antes e durante), sem que isso acarrete prejuízo ao acompanhamento de seu caso. Além disso, poderão receber, sempre que solicitadas, informações atualizadas sobre todos os procedimentos, objetivos e resultados do estudo realizado. A participação dos sujeitos na pesquisa será isenta de despesas e auxílio financeiro.

Período da pesquisa: o período de coleta de dados compreenderá de junho de 2013 à julho de 2014, no entanto, o estudo só será concluído em fevereiro de 2016 com a defesa da tese de doutorado e publicação dos resultados obtidos.

Eu, _____, abaixo assinado, autorizo meu filho(a) _____, a participar do presente estudo. Fui suficientemente informado(a) a respeito das informações que li ou que foram lidas para mim, descrevendo o estudo “Dados de produção e percepção do contraste fônico entre plosivas alveolares e velares na fala típica e com erros de fala”.

Local e data _____

Assinatura do responsável: _____

Declaro que obtive de forma apropriada e voluntária o Consentimento Livre e Esclarecido deste sujeito de pesquisa ou representante legal para a participação neste estudo.

Santa Maria _____, de _____ de 201__



Prof. Dra. Helena Bolli Mota

**APÊNDICE C – FIGURAS REPRESENTATIVAS DO CORPUS UTILIZADO PARA
A GRAVAÇÃO DE ÁUDIO E DE IMAGENS DE ULTRASSOM – (/ˈkape/, /ˈtape/,
/ˈgalo/ e /ˈdare/**



ANEXOS

ANEXO A – AUTORIZAÇÃO DA SECRETARIA MUNICIPAL DE EDUCAÇÃO DE SANTA MARIA – RS, PARA A REALIZAÇÃO DA COLETA DE DADOS NAS ESCOLAS DA REDE MUNICIPAL DE ENSINO

Santa Maria, 22 de março de 2013

OF. N°. 121/13

Senhor (a) Diretor (a):

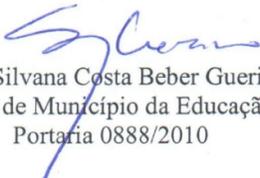
A Secretaria de Município de Educação vem firmando parcerias com as Instituições de Ensino Superior (IES) e uma dessas Instituições é a UFSM. A principal atividade que se efetiva a parceria é através de ações voltadas à Pesquisa que vem mostrando as possibilidades de uma articulação cada vez maior da Universidade com a Comunidade.

Neste sentido, autoriza-se a doutoranda Roberta Michelin Melo, matrícula no CRFa 9244, a desenvolver a Pesquisa: “ **DADOS DE PRODUÇÃO E PERCEPÇÃO DO CONTRASTE FONICO ENTRE PLOSIVAS ALVEOLARES E VELARES NA FALA TÍPICA E COM ERROS DE FALA**”. A orientação esta a cargo da prof.^a Dr.^a. Helena Bolli Mota com SIAPE n° 379501. A pesquisa visa investigar as características acústicas e articulatórias referentes ao ponto articulatorio das consoantes t, k, d, g, bem como o desenvolvimento perceptual em relação a esse contraste fônico em dados típicos e atípicos nas escolas municipais de Santa Maria.

Salienta-se que o referido projeto só poderá ser desenvolvido a partir da aprovação pelo Comitê de Ética da Universidade Federal de Santa Maria/RS.

Sendo o que tínhamos para o momento.

Atenciosamente,



Silvana Costa Beber Guerino
Secretária de Município da Educação Adjunta
Portaria 0888/2010

ANEXO B – AUTORIZAÇÃO INSTITUCIONAL DO SERVIÇO DE ATENDIMENTO FONOAUDIOLÓGICO (SAF), DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA (UFSM)



Termo de Autorização Institucional

TERMO DE AUTORIZAÇÃO INSTITUCIONAL SERVIÇO DE ATENDIMENTO FONOAUDIOLÓGICO/SAF /UFSM

O presente termo tem por finalidade o esclarecimento de questões referentes ao projeto a seguir:

TÍTULO DO PROJETO: Dados de produção e percepção do contraste fônico entre plosivas alveolares e velares na fala típica e com erros de fala.

OBJETIVO: Investigar as características acústicas e articulatórias referentes ao ponto articulatório das plosivas alveolares e velares, bem como o desempenho perceptual em dados típicos e atípicos. Além disso, pesquisar a aplicabilidade desses instrumentos de análise de fala na triagem fonoaudiológica;

PROCEDIMENTOS: triagem fonoaudiológica de crianças com erros de fala;

1. Triagem fonoaudiológica;

2. Coleta dos dados de fala - análise acústica e ultrassonografia;

3. Terapia fonoaudiológica nos casos de erros de fala.

A pesquisa será realizada no Laboratório de CELF do Serviço de Atendimento Fonoaudiológico (SAF) pela aluna Roberta Michelen Melo, sob orientação da Prof.^a Helena Belli Mota. Eventuais dúvidas podem ser esclarecidas com a pesquisadora pelos telefones () 99828063.

Mediante os esclarecimentos recebidos da pesquisadora Roberta M Melo eu LOECI DE FÁTIMA MACHADO Diretora do Serviço de Atendimento Fonoaudiológico/SAF/UFSM autorizo a utilização por parte da pesquisadora responsável das dependências serviço conforme minha orientação, para realização dos procedimentos acima descritos. Afirmando que estou ciente de que os dados deste estudo serão divulgados em meio científico, sem identificação dos participantes.

Santa Maria, 19 de março de 2013.

Loeci de Fátima Machado

Assinatura da diretora/ RG.

LOECI DE FÁTIMA MACHADO
DIRETORA SAF CCS UFSM
Matr. 301192 - CPF 342104820/72

ANEXO C – AUTORIZAÇÃO DO COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA (CEP)

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA/ PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E	
--	---

COMPROVANTE DE ENVIO DO PROJETO

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: DADOS DE PRODUÇÃO E PERCEPÇÃO DO CONTRASTE FÔNICO ENTRE PLOSIVAS ALVEOLARES E VELARES NA FALA TÍPICA E COM ERROS DE FALA
Pesquisador: Helena Boli Mota
Versão: 3
CAAE: 14973013.8.0000.5346
Instituição Proponente: Universidade Federal de Santa Maria/ Pró-Reitoria de Pós-Graduação e Pesquisa

DADOS DO COMPROVANTE

Número do Comprovante: 022332/2013
Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

Endereço: Av. Roraima, 1000 - Prédio da Reitoria 2º andar Bairro: Cidade Universitária - Camobi UF: RS Telefone: (55)3220-9362	Município: SANTA MARIA CEP: 97.105-900 E-mail: cep.ufsm@gmail.com
---	--