



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
Campus de Marília



CULTURA
ACADÊMICA
Editora

Investigação da Produção de Fala a Partir da Ultrassonografia do Movimento de Língua à Luz da Fonologia Gestual

Larissa Cristina Berti

Como citar: BERTI, Larissa Cristina. Investigação da Produção de Fala a Partir da Ultrassonografia do Movimento de Língua à Luz da Fonologia Gestual. *In:* GIACHETI, Célia Maria; GIMENIZ-PASCHOAL, Sandra Regina. **Perspectivas em Multidisciplinares em Fonoaudiologia: da Avaliação à Intervenção.** Marília: Oficina Universitária; São Paulo: Cultura Acadêmica, 2013. p. 275-292.
DOI: <https://doi.org/10.36311/2013.978-85-7983-452-3.p275-292>



All the contents of this work, except where otherwise noted, is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 3.0 Unported.

Todo o conteúdo deste trabalho, exceto quando houver ressalva, é publicado sob a licença Creative Commons Atribuição - Uso Não Comercial - Partilha nos Mesmos Termos 3.0 Não adaptada.

Todo el contenido de esta obra, excepto donde se indique lo contrario, está bajo licencia de la licencia Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 3.0 Unported.

INVESTIGAÇÃO DA PRODUÇÃO DE FALA A PARTIR DA ULTRASSONOGRRAFIA DO MOVIMENTO DE LÍNGUA À LUZ DA FONOLOGIA GESTUAL

Larissa Cristina BERTI

INTRODUÇÃO

Em setembro de 2007, o Projeto de Pesquisa intitulado *Produção e Percepção da Fala na aquisição incompleta de contrastes fônicos em crianças falantes do português Brasileiro* teve sua aprovação pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo, no âmbito do Programa de Apoio a Jovens Pesquisadores em Centros Emergentes, para ser desenvolvido junto ao Departamento de Fonoaudiologia da Universidade Estadual Paulista (UNESP) -Marília (processo FAPESP 06/61816-4).

Naquela ocasião, fora proposto realizar uma análise acústica das chamadas “trocas articulatórias” presentes na fala de crianças com e sem queixas de problemas de fala, bem como investigar a percepção auditiva destes sujeitos em relação as suas próprias produções. De forma geral, a proposta deste projeto era centrar-se na busca de traços acústicos que indiciassem uma aquisição incompleta de um contraste fônico – ou contraste fônico encoberto* – nas chamadas “trocas articulatórias” presentes tanto na fala de crianças em desenvolvimento típico quanto desviante da linguagem.

Ao término do primeiro biênio do projeto juntamente com a sua prorrogação por mais dois anos (2009-2011), um importante

* A expressão “contraste fônico encoberto” (covert contrast) é utilizada para caracterizar contrastes fônicos imperceptíveis auditivamente, mas detectáveis acústica e/ou articulatoriamente¹.

desdobramento foi alcançado, a saber: a incorporação de dados de natureza articulatória a partir da imagem de ultrassom do movimento de língua - prática inédita no Brasil - na análise da produção de fala de crianças com desenvolvimento típico e desviante da linguagem, à luz de um modelo dinâmico de produção de fala.

Em vista da nova sistemática de análise da produção de fala que vem se consolidando no Laboratório de Análise Acústica do Departamento de Fonoaudiologia da UNESP, o presente capítulo será assim organizado: na primeira seção encontra-se uma descrição da técnica relativa à ultrassonografia de movimento de língua, bem como suas possíveis aplicações no campo da Fonoaudiologia (tanto no contexto da avaliação quanto no contexto da terapia); na segunda seção será apresentado um exemplo de análise da produção de fala com o uso dessa tecnologia, à luz da Fonologia Gestual.

ULTRASSONOGRRAFIA COMO UM INSTRUMENTO VIÁVEL DE INVESTIGAÇÃO DA PRODUÇÃO DE FALA: RELAÇÃO CUSTO/BENEFÍCIO

Em decorrência dos avanços tecnológicos, a clínica fonoaudiológica, de modo geral, sofreu uma verdadeira revolução instrumental, com o uso cada vez mais frequente de uma ferramenta instrumental. A ferramenta instrumental que não somente tem dominado as pesquisas na área da Fonoaudiologia, como também tem subsidiado a prática clínica, no tocante à produção de fala, refere-se à análise acústica.

Apesar de a análise acústica ser, sem dúvida nenhuma, uma importante ferramenta para análise da produção de fala, não há um acesso direto do processo de produção de fala, isto é, infere-se, a partir do sinal acústico analisado, o movimento articulatório que o resultou.

Diferentemente da análise acústica, a análise articulatória possibilita a apreensão direta do movimento dos articuladores, propiciando informações mais precisas a respeito do processo de produção de fala, sobretudo dos movimentos posteriores da língua, envolvendo o dorso e raiz durante a fala²⁻³.

Dentre as diferentes tecnologias utilizadas na coleta e análise articulatória — palatografia, articulografia, imagem de ressonância magnética, entre outras —, a técnica que oferece o maior custo-benefício refere-se à ultrassonografia do movimento de língua⁴, conforme síntese no quadro seguinte.

Equipamentos para análise articulatória	Segurança	Portabilidade	Viabilização de custo do equip.	Alta resolução	Alta resol. Temporal	Imagem do art. Passivo	Imagem compl. Do trato vocal	Imagem da superf. Da língua	Imagem 3d
Raio-X	n	n	n	s	s	s	s	s	n
MRI (Imagem de Ressonância Magnética)	s	n	n	s	n	s	s	s	s
EMMA (Articulometria Eletromagnética)	s	n	n	s	s	n	n	n	n
Micro raio-X	?	n	n	s	s	n	n	n	n
Ultrassom	s	s	s	n	s	s	p	s	n

Legenda: n: não; s: sim; p: parcial; resol: resolução; art: articular; compl: completo; superf.: superfície; equip: equipamento.

Quadro 1- Relação custo/benefício dos equipamentos de análise articulatória

Considerando alguns quesitos — segurança, portabilidade, custo do equipamento, resolução temporal, imagem do articulador passivo, imagem parcial do trato vocal, imagem da superfície da língua —, o equipamento que oferece maior relação entre custo e benefício diz respeito ao ultrassom, tornando-o um instrumento viável de investigação da produção de fala na prática clínica.

Alguns autores reforçam as vantagens do uso dessa tecnologia: custo acessível, quando comparados aos demais equipamentos utilizados em

uma análise articulatória; portabilidade do equipamento, não restringindo a coleta em situação laboratorial; conforto proporcionado aos sujeitos no momento da coleta²⁻⁴.

Por outro lado, as desvantagens descritas na literatura quanto ao uso da ultrassonografia do movimento de língua referem-se à: qualidade da imagem; não visualização dos articuladores passivos na produção de fala; dificuldade em diminuir o movimento de cabeça durante a coleta de dados²⁻³, necessitando o uso de um estabilizador de cabeça⁵.

Atualmente, sugere-se, na prática clínica, o uso de equipamentos portáteis, devido ao custo acessível aliado à portabilidade^{2,4}.

TÉCNICA RELATIVA À ULTRASSONOGRAFIA DO MOVIMENTO DE LÍNGUA

O ultrassom refere-se a um som de alta frequência (acima de 20 KHz). As ondas ultrassônicas são geradas por transdutores ultrassônicos, também chamados simplesmente de transdutores. Um transdutor ultrassônico é um dispositivo que converte um tipo de energia em outro, ou seja, converte energia elétrica em energia mecânica e vice-versa. Esses transdutores são feitos de materiais piezoelétricos, que apresentam um fenômeno chamado de efeito piezoelétrico. Este efeito consiste na variação das dimensões físicas de materiais piezoelétricos sujeitos a campos elétricos, produzindo, como consequência, tensões mecânicas, isto é, ondas sonoras.

Cada transdutor tem uma frequência de ressonância natural de vibração. Quanto mais tênue for o material piezoelétrico (cristal), maior será a frequência em que ele oscilará*.

A propagação de ondas ultrassônicas obedece às mesmas características de propagação das ondas sonoras. Em um meio homogêneo, o ultrassom se propaga em linha reta, sendo que a velocidade de propagação depende da densidade e elasticidade desse meio. Diferentemente, em um meio heterogêneo, as ondas sonoras são refletidas a cada densidade diferente, retornando ecos para o transdutor. Destaca-se que apenas os ecos

* Por exemplo, um cristal de quartzo cortado com uma espessura de 2,85 mm apresenta uma frequência de ressonância de 1 MHz.

provenientes de interfaces perpendiculares às ondas sonoras são captados pelo transdutor.

Entre a emissão do ultrassom e a recepção do seu eco correspondente, há um intervalo de tempo que aumenta com a distância entre o transdutor e a interface refletora. Assim sendo, é possível estabelecer a profundidade desta interface de acordo com este intervalo.

Para a obtenção da imagem de ultrassom do movimento da língua, faz-se necessário colocar um transdutor na região submandibular do falante. Esse transdutor emitirá ondas de alta frequência, que serão propagadas para o interior da cavidade oral. Devido à diferença de densidade entre língua/ar e ar/estruturas ósseas, as ondas ultrassônicas serão refletidas e captadas pelo transdutor. Após a detecção dessas ondas, o ponto de reflexão será calculado, resultando na criação de uma imagem⁶.

Ressalta-se que a técnica ultrassonográfica compreende três modos de obtenção de imagens: o Modo A (Amplitude), o Modo B (Bidimensional) e o Modo M (Movimento).

Sucintamente, o modo A é comumente utilizado na obtenção de informação sobre a profundidade das estruturas no corpo. É o modo mais simples de operação de um sistema de ultrassônico: enviam-se pulsos de ultrassom sobre o corpo e mensura-se o tempo requerido para receber os sons refletidos (ecos) em suas várias superfícies, calculando, desse modo, a profundidade da estrutura investigada. O modo B, por sua vez, é o sistema mais usado para obtenção de imagens bidimensionais do interior do corpo humano. Informações sobre comprimento, localização, e mudança de posição da estrutura observada em função do tempo podem ser obtidas. Finalmente, o modo M normalmente é utilizado para se obter informações relativas aos movimentos no corpo, ou seja, é usado para estudar movimentos, tais como aqueles do coração e válvulas cardíacas.

A seguir, é ilustrada uma imagem de ultrassonografia do movimento de língua (modo B).



Nota: Da esquerda para a direita, as setas indicam a raiz, o dorso e a ponta da língua, respectivamente.

Figura 1 – Imagem do ultrassom de língua.

Um último destaque a ser feito no tocante à técnica relativa à ultrassonografia do movimento de língua refere-se à necessidade de se acoplar um software para gravação e análise dos movimentos de língua apreendidos, quando se almeja desenvolver pesquisas⁷⁻⁸, pois os equipamentos portáteis nem sempre apresentam a função de gravação das imagens e, quando apresentam essa possibilidade, o tempo de gravação é restrito.

POSSÍVEIS APLICAÇÕES DA ULTRASSONOGRAFIA DO MOVIMENTO DE LÍNGUA NO CAMPO DA FONOAUDIOLOGIA

Desde o final da década de 60 e início da década de 70, a ultrassonografia de movimento de língua tem sido usada no exterior como um método de investigação da produção da fala⁹⁻¹⁰. No entanto, em função da tecnologia da época, a imagem obtida permitia somente a visualização de um ponto de cada vez da superfície da língua.

Só recentemente (final da década de 80 e início da década de 90), com o avanço tecnológico que proporcionou a miniaturização dos equipamentos aliada à maior qualidade da imagem, esse método de investigação vem se consolidando, tanto nas pesquisas que investigam a produção de fala¹¹⁻¹² quanto nas aplicações clínicas¹³.

No tocante às diversas possibilidades do uso da imagem de ultrassom do movimento de língua na investigação da produção de

fala, destacam-se, especialmente, aquelas relacionadas à aplicação clínica no campo da Fonoaudiologia: no contexto de avaliação e no contexto terapêutico.

No contexto da avaliação da produção de fala, esse método tem sido usado principalmente para (i) identificar e descrever as similaridades articulatórias dos segmentos da língua¹⁴⁻¹⁵; (ii) descrever os padrões de movimento da língua em diversos grupos clínicos (crianças com transtorno fonológico; sujeitos em tratamento ortodôntico; sujeitos com glossectomias de língua; sujeitos com apraxia de fala, deficientes auditivos, etc.)¹⁶⁻¹⁸; além de (iii) avaliar e descrever os movimentos da língua na fase oral da deglutição em sujeitos disfágicos¹⁹⁻²⁰.

No processo terapêutico, a ultrassonografia tem sido utilizada, principalmente, como um método de *feedback* visual direto^{13,18,21}, isto é, como um método que propicia ao sujeito uma pista visual *online* a respeito dos seus movimentos de língua, seja durante a produção de fala ou seja durante a deglutição.

Ressalta-se que, no Brasil, a técnica ultrassonográfica do movimento da língua tem sido implementada como um recurso tecnológico para investigação da produção de fala no Laboratório de Análise Acústica (LAAc) da UNESP de Marília, à luz da Fonologia Gestual (modelo dinâmico de produção de fala).

Na próxima seção, será apresentado um exemplo de análise da produção de fala com o uso da ultrassonografia do movimento de língua, à luz da Fonologia Gestual.

ANÁLISE DA PRODUÇÃO DE FALA COM O USO DA ULTRASSONOGRRAFIA DO MOVIMENTO DE LÍNGUA À LUZ DA FONOLOGIA GESTUAL

FONOLOGIA GESTUAL E A UNIDADE DINÂMICA DE PRODUÇÃO DE FALA

Tradicionalmente, a fala tem sido vista como tendo duas estruturas distintas: uma considerada física e a outra, cognitiva, em que a relação entre ambas, geralmente, é descrita separadamente. Nessa perspectiva, a descrição da fala contemplaria uma tradução entre domínios

intrinsecamente incomensuráveis, ou seja, uma descrição relativa ao domínio cognitivo (abstrato) e outra relativa ao domínio físico (concreto).

A Fonologia Gestual²²⁻²³ (doravante FonGest) apresenta uma concepção muito diferente dos domínios tradicionalmente descritos para a fala, ou seja, o físico e o simbólico. Para a FonGest, esses domínios aparentemente tão diferentes são, de fato, descrições dimensionais, alta e baixa, de um único sistema complexo.

Esse sistema complexo, por sua vez, envolve, simultaneamente, aspectos qualitativos (comandos invariantes) e aspectos quantitativos (relativos à sua implementação física em enunciados situados no tempo e no espaço).

Desse modo, para análise da produção de fala – envolvendo aspectos qualitativos (simbólicos) e quantitativos (físicos) –, a FonGest propõe a adoção de uma unidade de análise dinâmica de produção de fala, a saber: o *gesto articulatório*, que, de um lado, é uma unidade discreta, atendendo ao princípio da distintividade; e de outro, é um símbolo singular por resgatar simplificada e elasticidade espaço-temporal de uma matéria comensurável.

Ressalta-se que o gesto articulatório, no interior dos modelos dinâmicos de produção da fala, não pode ser entendido como sinônimo de movimento articulatório; ao contrário, o gesto articulatório é visto como uma unidade fonético-fonológica por excelência, ou seja, corresponde ao mesmo tempo à representação simbólica de todas as manobras articulatórias necessárias para realizar um determinado segmento fônico (oscilação abstrata) e às próprias ações de constrição dos articuladores durante a produção de fala²²⁻²³.

Para analisar a produção de fala a partir do gesto articulatório, faz-se necessário a especificação do ponto e do modo de realização das contrições do trato vocal.

Particularmente, no tocante ao ponto de constrição, pelo menos duas informações devem ser especificadas: o local de constrição (*constriction location* – *CL*) no trato vocal e a orientação do articulador (*constrictor orientation* – *CO*). O local de constrição é definido em função das regiões do trato vocal, enquanto que a orientação do articulador refere-se às

posições das diferentes partes dos articuladores no momento da contração. As especificações de local de contração e a orientação do articulador estão sintetizadas no quadro 2, a seguir.

Articuladores	Local de contração	Orientação do articulador
Lábios	anterior	labial; dental
Ponta de língua	anterior	labial; inter-dental; apical ou dental; ápico-laminal ou alveolar; laminal ou pós-alveolar
Corpo da Língua	não anterior	palatal; velar e uvular
Raiz da língua	posterior	faringal e epiglotal

Quadro 2- Especificações de local de contração e orientação do articulador em função dos principais articuladores na contração do trato vocal.

No que se refere ao grau de contração dos articuladores, são necessários os seguintes descritores para os gestos que envolvem os lábios, ponta de língua, dorso e raiz da língua: fechado (como é o caso das oclusivas), crítico (como é o caso das fricativas) e aberto (como é o caso das aproximantes e das vogais). Já para os gestos que envolvem o véu palatino e a glote há dois descritores apenas: aberto e fechado.

Assim sendo, cada segmento de uma determinada língua pode ser descrito em termos gestuais, considerando: (i) o grau e o local dos diferentes tipos de contração que um mesmo constritor oral pode realizar; e/ou ainda (ii) a presença de mais de uma contração oral, uma vez que há segmentos que apresentam dois gestos orais em sua produção, como é o caso das líquidas.

A partir do arcabouço teórico exposto, será apresentado um exemplo de análise da produção de fala com o uso da ultrassonografia do movimento de língua, à luz da Fonologia Gestual. Conforme antecipado, esse tipo de análise vem sendo implementada no LAAc da Unesp de Marília.

Como critério de seleção do exemplo de análise gestual da produção de fala, a partir da ultrassonografia do movimento de língua, arrolou-se o processo fonológico de substituição descrito consensualmente na literatura como um dos mais frequentes na fala de crianças com e sem

transtorno fonológico, a saber: o processo de substituição de líquidas e o de semivocalização de líquidas²⁴⁻²⁶.

Será abordado, especificamente, o processo que envolve a substituição da líquida não lateral /r/ pela líquida lateral /l/ e o processo que envolve a substituição da líquida /l/ pela semivogal /y/, preferência encontrada na região em que se desenvolve a pesquisa, o interior do estado de São Paulo.

MÉTODOS

Para análise gestual dos processos de substituição de líquidas, foram utilizadas imagens ultrassonográficas relativas à produção das líquidas (lateral e não lateral) e semivogal /y/, na posição tônica da palavra.

Essas imagens fazem parte de um banco de dados articulatórios que vem sendo organizado por pesquisadores do GPEL (Grupo de Pesquisa *Estudos sobre a Linguagem*, coordenado pelo Prof. Dr. Lourenço Chacon).

O referido banco de dados articulatórios é composto (até o presente momento) por gravações - de áudio e de imagens ultrassonográficas do movimento de língua - da produção de fala da própria docente/pesquisadora.

Essas gravações foram realizadas no Centro de Pesquisa em Ciência da Fala na Queen Margaret University, sob a supervisão do Prof. Dr. James Scobbie, no interior de uma cabine acústica, com o uso de 19 palavras extraídas do Instrumento de Avaliação de Fala para Análise Acústica (IAFAC) — que envolviam a produção dos 19 segmentos consonantais no *onset* silábico, em sílaba tônica e no contexto da vogal /a/. Tais palavras foram inseridas em frases-veículo para preservar a ocorrência das palavras-alvo no mesmo contexto prosódico e fonético, tentando evitar, dessa maneira, possíveis modificações em parâmetros articulatórios.

Foram utilizados os seguintes equipamentos: microfone unidirecional, ultrassom portátil modelo DP 6600 com transdutor micro-convexo acoplado a um computador, além do estabilizador de cabeça. Ambos os sinais – de áudio e de imagem – foram capturados

e, posteriormente, analisados com o uso do *software Articulate Assistant Advanced* (AAA).

Conforme exposto inicialmente, desse banco, foram selecionadas apenas as gravações ultrassonográficas relativas à produção das seguintes palavras: “lata”; “barata” e “caia”.

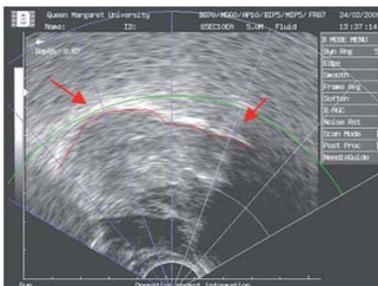
Posteriormente, com o uso do *software* AAA, foram escolhidos os instantes correspondentes (*frames*) à produção de cada segmento (/l/, /r/ e /y/, respectivamente) e realizado um traçado sob a superfície da língua (em corte sagital) com o uso do mouse.

As imagens selecionadas foram analisadas com base nos descritores gestuais propostos pela FonGest. Particularmente, para cada um dos segmentos consonantais levantou-se não somente o conjunto de gestos articulatórios envolvidos, especificando o local e o grau de constrição, como também sua complexidade articulatória, considerando o número de gestos envolvidos e se pertencem ou não ao mesmo subsistema oral.

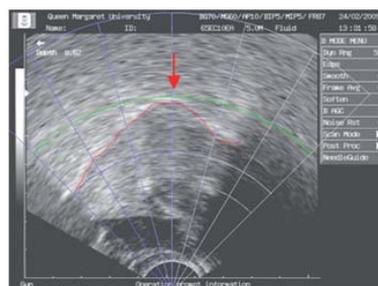
RESULTADOS E DISCUSSÃO

Primeiramente, será apresentada a análise dos segmentos envolvidos no processo de semivocalização da líquida lateral, ou seja, o processo de substituição de /l/ por /y/. A seguir, são apresentadas as imagens ultrassonográficas correspondentes a esses segmentos:

a) Líquida lateral /l/



b) Semivogal /y/



Nota: Em (a) encontra-se a imagem correspondente à produção de /l/, enquanto que em (b) se encontra a imagem correspondente à produção de /y/. Da esquerda para a direita observa-se a raiz, dorso e ponta de língua.

Figura 2: Constrições concernentes ao subsistema oral.

De acordo com os descritores da FonGest, na produção da semivogal /y/, verifica-se a presença de apenas uma constrição oral, ou seja, uma constrição realizada com o corpo da língua na região palatal, isto é, numa região não anterior no trato vocal. O grau da constrição é aberto por se tratar de uma semivogal. Adicionalmente, na produção da semivogal /y/, também estão coordenadas as produções dos gestos laríngeo e velar de grau fechado, e o gesto labial de grau aberto (embora tais gestos não sejam visíveis na imagem ultrassonográfica).

Diferentemente, na produção de // constata-se a presença de dois gestos articulatorios orais simultâneos (conforme indicação das flechas na Figura 2): um envolvendo a ponta da língua em direção à região alveolar e outro envolvendo a raiz da língua em direção a região faríngeal. Em coordenação com os duplos gestos orais encontram-se também os gestos laríngeo e velar de grau fechado.

A presença de dois gestos simultâneos orais na produção do // corrobora com descrições prévias para a língua inglesa^{21,27-28}.

À luz da FonGest, tanto a líquida lateral quanto a semivogal implicam a orquestração (coordenação) - no tempo e no espaço – de gestos advindos de diferentes subsistemas: glotal, velar, oral e labial (sendo este último exigido apenas na produção da semivogal). Complementa-se, ainda, nessa orquestração gestual a especificação do local e do grau da constrição.

No entanto, verifica-se que, em termos gestuais, o segmento // poderia ser caracterizado como um segmento mais complexo quando comparado à semivogal /y/, na medida em que o primeiro envolveria a coordenação simultânea de dois gestos orais (tal como pode ser observado na Figura 2).

Desse modo, o processo de semivocalização de líquidas, muito frequente na produção de fala de crianças com desenvolvimento típico e desviante da linguagem, poderia ser explicado pelo fato de as crianças priorizarem a produção de um único gesto oral. Adicionalmente, supõe-se também que esse gesto oral de corpo de língua presente na produção de /y/ seja um gesto mais global (pois não exige um controle motor mais acurado, na medida em que envolve um grau de constrição aberto do corpo da

língua em direção à região palatal) quando comparado aos dois gestos orais – de ponta e de raiz de língua – presentes na produção do /l/.

Seguindo a mesma sistemática de apresentação dos resultados, será apresentada a análise dos segmentos envolvidos no processo de substituição de líquidas, particularmente, e a descrição se voltará aos segmentos /r/ e /l/, respectivamente. A Figura 3, a seguir, ilustra as imagens ultrassonográficas correspondentes a esses segmentos.

a) Líquida lateral /l/

(b) Líquida não lateral /r/

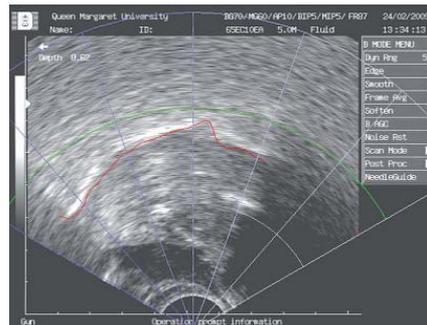
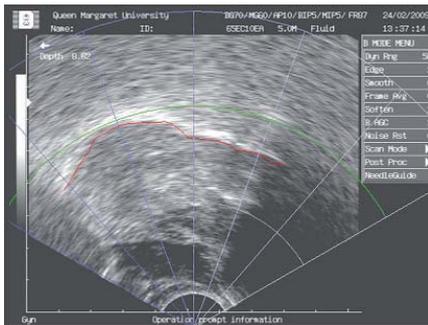


Figura 3: Em (a) verifica-se a imagem concernente à produção de /l/, enquanto que em (b) se verifica a imagem concernente à produção de /r/. Da esquerda para a direita observa-se a raiz, dorso e ponta de língua. As setas indicam as constrições concernentes ao subsistema oral.

De acordo com a descrição gestual recém-apresentada, a produção de /l/ abrange dois gestos articulatórios orais simultâneos: um envolvendo a ponta da língua em direção à região alveolar e outro envolvendo a raiz da língua em direção a região faríngea. Em coordenação com os duplos gestos orais encontram-se também os gestos laríngeo e velar de grau fechado.

Analogamente, na produção de /r/ dois gestos articulatórios simultâneos podem ser observados: um gesto de ponta de língua e um gesto de corpo de língua. Entretanto, o local de constrição, a orientação do articulador, bem como o grau de constrição desses gestos diferenciam-se daqueles observados em /l/. Especificamente, na produção de /r/ o gesto de ponta de língua realiza um movimento balístico em direção à região alveolar, enquanto que a constrição do gesto radical, embora se realize em

direção à região faríngea, é de magnitude bem menor quando comparada à do gesto radical de /l/. Também estão orquestrados com os gestos orais os gestos laríngeo e velar de grau fechado.

Ao compararmos o padrão gestual dos dois segmentos, sugere-se que o segmento /r/ envolve uma maior complexidade de coordenação do que o segmento /l/, uma vez que o primeiro impõe uma coordenação simultânea entre um movimento balístico da ponta de língua e uma constrição radical em direção à faringe. Desse modo, o processo de substituição de líquida não lateral pela líquida lateral poderia ser explicado pelo privilégio - das crianças - em realizar a coordenação simultânea de dois gestos orais sem envolver o movimento rápido e balístico da ponta da língua.

Esse tipo de análise assemelha-se com a análise da produção, a partir da ultrassonografia do movimento de língua, apresentada para explicar o processo de simplificação das líquidas em crianças com desenvolvimento típico e desviante da linguagem falantes da língua inglesa²⁹. Nesse estudo, os autores interpretam as chamadas substituições de líquidas como uma tentativa das crianças de reduzir a complexidade gestual, na medida em que a múltipla constrição oral (produção de dois gestos orais simultâneos) implicaria a diferenciação de gestos articulatorios envolvendo articuladores anatomicamente acoplados.

Contudo, embora os processos fonológicos arrolados na exemplificação (semivocalização e substituição das líquidas) sejam descritos tradicionalmente como um processo de substituição de segmentos, envolvendo, por exemplo, a substituição da líquida lateral pela semivogal, e a líquida não lateral pela líquida lateral, a análise desses processos com o uso da ultrassonografia do movimento de língua, à luz da FonGest, sugere um outro tipo de entendimento.

Ao invés de as crianças estarem “permutando” um segmento por outro, há indícios de que as crianças estejam refinando o seu controle neuromotor, pelo ajuste do *timing*^{*} entre os gestos articulatorios, ajuste do grau de constrição desses gestos, além da diferenciação dos gestos articulatorios, em busca do estabelecimento dos contrastes fônicos envolvidos.

* Refere-se ao estabelecimento do padrão temporal entre os gestos que compõem um determinado segmento.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A ultrassonografia é um método seguro e não-invasivo, propiciando a observação da posição da língua e de seus movimentos em tempo real. O uso dessa técnica parece ser uma opção viável para investigação da produção de fala, diante da sua portabilidade. A aplicação clínica dessa tecnologia se dá no contexto de avaliação e no contexto terapêutico.

O uso dessa técnica aliado a um modelo dinâmico de produção de fala permitiu não somente reinterpretar, como também levantar hipóteses explicativas a respeito dos processos fonológicos tradicionalmente descritos na produção de fala de crianças com desenvolvimento típico e desviante da linguagem.

Como um desbobrimento para a prática Fonoaudiológica, no tocante à análise da produção de fala, sugere-se que as chamadas substituições fônicas possam ser entendidas como decorrentes de uma simplificação de complexidade gestual. Dito de outro modo, a presença das chamadas substituições indicia que as crianças estejam refinando o seu controle neuromotor em busca do estabelecimento dos contrastes fônicos envolvidos.

Nesse processo de estabelecimento de contraste fônico, a diferenciação, ajuste e coordenação de gestos articulatórios desempenham um papel fundamental. Adicionalmente, uma reinterpretação dos problemas de produção de fala poderia ser proposta, na medida em que tal problema não poderia ser visto como alterações refletidas predominantemente no aspecto motor ou simbólico, mas em ambos os domínios.

Finalmente, a análise da produção de fala, à luz de um modelo dinâmico de produção de fala, apoiado em imagens ultrassonográficas do movimento de língua, representa um avanço que deve ser explorado e somado a outros recursos, como a análise acústica da fala.

REFERÊNCIAS

1. Macken MA, Barton D. The acquisition of the voicing contrast in english: a study of voice onset time in word-initial stop consonants. *J of Child Lang.* 1980;7(1):41-74.

2. Gick B. The use of ultrasound for linguistic phonetic fieldwork. *J Intern Phon Ass.* 2002;32(2):113-22.
3. Stone M. A guide to analyzing tongue motion from ultrasound Images. *Clin Linguist Phon.* 2005;19(6/7):455-502.
4. Archangeli D, Mielke J. Ultrasound research in linguistics. In: *Proceedings of the 34th Annual Meeting of the Linguistic Association of the Southwest (LASSO)*; 2005 Oct 7-9; Texas, USA: Linguistic Association of the Southwest 2005.
5. Stone M, Davis EP. A head and transducer support system for making ultrasound images of tongue/jaw movement. *J Acoust Soc Am.* 1995;98(6):3107-12.
6. Sonies B, Shawker T, Hall T, Gerber L, Leighton S. Ultrasonic visualization of tongue motion during speech. *J Acoust Soc Am.* 1981;70(3):683-6.
7. Davidson L. Comparing tongue shapes from ultrasound imaging using smoothing spline analysis of variance. *J Acoust Soc Am.* 2006;120(1):407-15.
8. Wrench AA, Scobbie, JM. High-speed cineloop ultrasound vs. video ultrasound tongue imaging: comparison of front and back lingual gesture location and relative timing. In: *Proceedings of the 8th International Seminar on Speech Production (ISSP)*; Strasbourg, France. Strasbourg: [s.n]; 2008. p. 57-60. Available: (http://www.qmu.ac.uk/casl/news/pubs/paper_110.pdf)
9. Kelsey CA, Woodhouse RJ, Minifie FD. Ultrasonic observations of coarticulation in the pharynx. *J Acoust Soc Am.* 1969;46(4):1016-8.
10. Mackay IR. Tenseness in vowels: an ultrasonic study. *Phonetica.* 1977;34(5):325-51.
11. Stone M. A three-dimensional model of tongue movement based on ultrasound and x-ray microbeam data. *J Acoust Soc Am.* 1981;87(5):2207-17.
12. Stone M, Lundberg A. Three-dimensional tongue surface shapes of english consonants and vowels. *J Acoust Soc Am.* 1996;99(6):3728-37.
13. Wein B, Böckler R, Klajman S, Obrebowski A. Ultrasonography of the tongue in the rehabilitation of speech articulation disorders. *Otolaryngol Pol.* 1991;45(2):133-40.
14. Iskarous K. Patterns of tongue movement. *J Phonetics.* 2005;33(4):363-81.
15. Kocjančič T. Tongue movement and syllable onset complexity: ultrasound study. In: Botinis A, editor. *Proceedings of ISCA Tutorial and Research Workshop on Experimental Linguistics ExLing*; 2008 Aug 28-30; Athens, Greece. Athens: ISCA and the University of Athens; 2008. p.125-8. Available from: http://www.qmu.ac.uk/casl/pubs/Kocjancic_ISCA_ExLing_2008.pdf

16. Davidson L. Addressing phonological questions with ultrasound. *Clin Linguist Phon.* 2005;19(6-7):619-33.
17. Bressmann T, Thind P, Uy C, Bollig C, Gilbert R, Irish J. Quantitative three-dimensional ultrasound analysis of tongue protrusion, grooving, and symmetry: Data from 12 normal speakers and a partial Glossectomee. *Clin Linguist Phon.* 2005;19 (6/7):573-88.
18. Bernhardt B, Gick B, Bacsfalvi P, Ashdown J. Speech habilitation of hard of hearing adolescents using electropalatography and ultrasound as evaluated by trained listeners. *Clin Linguist Phon.* 2003;17(3):199-216.
19. Miller JL, Kang SM. Preliminary ultrasound observation of lingual movement patterns during nutritive versus non-nutritive sucking in a premature infant. *Dysphagia.* 2007;22(2):150-60.
20. Sonies BC. Ultrasound imaging and swallowing. In: Jones B, Donner M, editors. *Normal and abnormal swallowing: imaging in diagnosis and therapy.* New York: Springer-Verlag; 1991. p. 109-17.
21. Adler-Bock M, Bernhardt BM, Gick B, Bacsfalvi P. The use of ultrasound in remediation of english /r/ in two adolescents. *Am J Speech Lang Pathol.* 2007;16(2):128-39.
22. Albano EC. Fonologia gestual e aquisição do sistema fônico hoje. In: Ferreira-Gonçalves G, Keske-Soares M, Brum-de-Paula MR, editores. *Estudos em aquisição fonológica.* Santa Maria: Sociedade Vicente Pallotti; 2009. p. 225-40.
23. Goldstein L. The gestural structure of speech [homepage in the internet]. California: Signal Analysis and Interpretation Laboratory, University of Southern; 2010. [update 2010 Apr 20]. Available: http://sail.usc.edu/~lgoldste/General_Phonetics/Gestural_structure/Gest1a.html
24. Wertzner HF, Pagan LO, Galea DE, Papp AC. Características fonológicas de crianças com transtorno fonológico com e sem histórico de otite média. *Rev Soc Bras Fonoaudiol.* 2007;12(1):41-7.
25. Cavalheiro LG, Keske-Soares M. Prevalência do desvio fonológico em crianças de 4 a 6 anos de idade. *Pró-Fono.* 2008;20(Supl.):11-3.
26. Patah LK, Takiuchi N. Prevalência das alterações fonológicas e uso dos processos fonológicos em escolares aos 7 anos. *Rev CEFAC.* 2008;10(2):158-67.
27. Gick B, Campbell F. Intergestural timing in English /r/. In: *Proceedings of the 15th International Congress of Phonetic Sciences; 2003 Aug 3-9; Barcelona, Espana.* Barcelona: Universitat Autònoma de Barcelona; 2003. p.1911-4. Available from: <http://ling75.arts.ubc.ca/isrl/publications.html>
28. Wrench AA, Scobbie JM. Categorising vocalisation of English /l/ using EPG, EMA and ultrasound. In: *Proceedings of the 6th International Seminar on*

- Speech Production; 2003 Dec 7-10; Sydney, Australia. Sydney: California: Signal Analysis and Interpretation Laboratory, University of Southern; 2003. p.1911-4. Available from: <http://www.qmu.ac.uk/casl/pubs/WrenchScobbie03ISSP2.pdf>
29. Gick B, Bernhardt BM, Bacsfalvi P, Oh S. A motor differentiation model for liquid substitutions: English /r/ variants in normal and disordered acquisition. In: Proceedings of the 153rd Meeting of the Acoustical Society of America; 2007 June 4-8; Utah, USA. : Salt Lake City:Acoustical Society of America; 2008. p.1-9. Available from: https://files.nyu.edu/ld43/public/PEPLab/presentations/UF4_NYU07_r-talk_Gick.pdf