



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica

Clarice Magnani Figueiredo

**DESENVOLVIMENTO E TESTES DE FUNCIONALIDADES DO
INSTRUMENTO DE REABILITAÇÃO DA FORÇA LABIAL UTILIZANDO
JOGOS DIGITAIS**

Belo Horizonte

2020

Clarice Magnani Figueiredo

**DESENVOLVIMENTO E TESTES DE FUNCIONALIDADES DO
INSTRUMENTO DE REABILITAÇÃO DA FORÇA LABIAL UTILIZANDO
JOGOS DIGITAIS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Engenharia Mecânica, área de concentração: Bioengenharia.

Orientador: Prof. Estevam Barbosa de Las Casas
Coorientadora: Profa. Renata Maria Moreira Moraes Furlan

Belo Horizonte

2020

FICHA CATALOGRÁFICA

F475d	<p>Figueiredo, Clarice Magnani. Desenvolvimento e testes de funcionalidades do instrumento de reabilitação da força labial utilizando jogos digitais [recurso eletrônico] / Clarice Magnani Figueiredo. – 2020. 1 recurso online (141 f. : il., color.) : pdf.</p> <p>Orientador: Estevam Barbosa de Las Casas. Coorientadora: Renata Maria Moreira Moraes Furlan.</p> <p>Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Engenharia.</p> <p>Apêndices e anexos: f. 130-141.</p> <p>Bibliografia: f. 121-129. Exigências do sistema: Adobe Acrobat Reader.</p> <p>1. Engenharia mecânica - Teses. 2. Bioengenharia - Teses. 3. Fonoaudiologia - Teses. 4. Reabilitação - Teses. I. Las Casas, Estevam Barbosa de. II. Furlan, Renata Maria Moreira Moraes. III. Universidade Federal de Minas Gerais. Escola de Engenharia. IV. Título.</p>
CDU: 621(043)	



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
ESCOLA DE ENGENHARIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA

ATA DE DEFESA PÓSTUMA DE DISSERTAÇÃO

Ata da Sessão Pública Nº 642/2020 da defesa póstuma de dissertação de **CLARICE MAGNANI FIGUEIREDO -in memoriam**, de registro Número 2018704138, aluna do Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica da Escola de Engenharia, da Universidade Federal de Minas Gerais. No dia 18 de dezembro de 2020, às 15:00 (quinze) horas, por vídeoconferência, na Universidade Federal de Minas Gerais, foi realizada a defesa Póstuma de dissertação, intitulada **“DESENVOLVIMENTO E TESTES DE FUNCIONALIDADES DO INSTRUMENTO DE REABILITAÇÃO DA FORÇA LABIAL UTILIZANDO JOGOS DIGITAIS”**, apresentada pelo Prof. Estevam Barbosa de Las Casas (orientador/Departamento de Engenharia de Estruturas/UFMG) e demais membros da Banca Examinadora: Dra. Renata Maria Moreira Moraes Furlan (Coorientadora - Departamento de Fonoaudiologia da UFMG), Dr. Claysson Bruno Santos Vimieiro (Departamento de Engenharia Mecânica/UFMG), Dra. Andréa Rodrigues Motta (Departamento de Fonoaudiologia/UFMG) e Dra. Monalise Costa Batista Berbert (Universidade Federal de Ciências da Saúde de Porto Alegre/UFCSPA). Requisito final para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Mecânica, na área de concentração "Bioengenharia". Após apresentação do trabalho a Banca Examinadora realizou a avaliação do trabalho e considerou como **APROVADA** a dissertação, por unanimidade. Nada mais havendo a tratar, lavrou-se a presente Ata que será assinada eletronicamente pelos membros da Banca.

Belo Horizonte, 18 de dezembro de 2020.



Documento assinado eletronicamente por **Estevam Barbosa de Las Casas, Diretor(a)**, em 07/01/2021, às 09:50, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Renata Maria Moreira Moraes Furlan, Membro**, em 10/01/2021, às 07:02, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Andrea Rodrigues Motta, Professora do Magistério Superior**, em 14/01/2021, às 08:09, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Claysson Bruno Santos Vimieiro, Professor do Magistério Superior**, em 28/01/2021, às 19:34, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Monalise Costa Batista Berbert, Usuário Externo**, em 17/02/2021, às 15:20, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.ufmg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **0505999** e o código CRC **B7E6DC5B**.

AGRADECIMENTOS

Na elaboração desta dissertação recebi a preciosa colaboração de um conjunto de pessoas que gostaria de mencionar:

Ao Professor Estevam Barbosa de Las Casas, meu orientador científico, a quem desejo exprimir a minha gratidão pelo auxílio e confiança demonstrados durante o processo de elaboração deste trabalho. A sua permanente disponibilidade, as suas relevantes orientações e as suas palavras sábias foram uma ajuda absolutamente preciosa.

À Professora Renata Maria Moreira Moraes Furlan, minha coorientadora, a quem quero manifestar a mais profunda gratidão pelo seu incondicional incentivo, competência e inextinguível colaboração. A sua cooperação foi essencial na inserção do universo fonoaudiológico, na estruturação da aplicação dos testes e captação das crianças para a testagem no Ambulatório do Hospital das Clínicas.

Ao Professor Eduardo Penha Castro Fantini, a quem exteriorizo o meu intenso e sincero agradecimento pela parceria no desenvolvimento dos jogos e pelo empenho e dedicação nas constantes alterações e adequações dos jogos aos usuários.

A Joyce Marques Barroso, sua cooperação foi essencial na avaliação clínica e na captação dos pacientes nos testes em crianças no Ambulatório do Hospital das Clínicas.

À equipe do Ambulatório do Hospital das Clínicas, por toda a simpatia e disponibilidade com que me receberam sempre, durante o processo de coleta de dados.

Às amigas, Mestre Mariana Pimenta e Doutora Marina de Las Casas, pela partilha de experiências, conhecimentos e amparo, além dos comentários, sugestões convenientes e apoio prestado durante todo este processo.

Aos colegas do Grupo de Engenharia Biomecânica da UFMG, pela partilha de experiências, conhecimentos e pelo mútuo incentivo.

Às profissionais especialistas de Motricidade Orofacial e Disfagia, Aline Mourão, Amanda Valentim, Mariana Amaral, Laélia Cristina C. Vicente e Silvia Campanha agradeço a compreensão, todos os seus inteligentes comentários e oportunas sugestões.

À minha mãe Nina Rosa, pela incansável colaboração na revisão exaustiva deste trabalho e constante apoio e incentivo.

Ao meu marido Alex Guedes, pelo carinho, permanente encorajamento e confiança.

A todos aqueles que, de algum modo, colaboraram direta ou indiretamente na realização deste projeto, expresso o meu sincero agradecimento.

RESUMO

O projeto proposto visou a criação de um novo método, com a elaboração de um instrumento anatômico e funcional, para terapia da força do músculo labial com o foco em facilitar, incitar, tornar os exercícios fonoaudiológicos mais agradáveis e estimulantes. Foi desenvolvido, como ferramenta terapêutica, um “*Serious Game*”, jogo interativo de reabilitação da musculatura labial que foi associado ao novo aparelho, com o objetivo de aumentar a adesão do paciente ao tratamento. O jogo foi concebido para o público infanto-juvenil, período de amplo desenvolvimento orofacial, além de ser uma fase em que o usuário apresenta grande interesse por jogos digitais. Esse jogo utiliza software de desenvolvimento para ambientes *Unity* em sua versão gratuita. Foram utilizados quatro sensores Flexiforce® que captam separadamente a força de pontos labiais distintos (superior direito, superior esquerdo, inferior direito e inferior esquerdo) para evidenciar possíveis diferenças entre as forças do músculo orbicular da boca superior e inferior, e alterações de força entre os lados esquerdo e direito. Estes sensores, ao serem pressionados pelos lábios, produzem sinais analógicos em tensão, que são tratados, transmitidos, processados e armazenados em meio digital. As forças receptadas pelo aparelho são convertidas em movimentos no jogo computacional. O objetivo do jogo concebido é que o usuário, além de alcançar patamares de força (contração muscular isotônica), também sustente a força por determinados períodos (contração muscular isométrica). Possibilita também o *biofeedback* ao jogador, que visualiza se a força empregada é suficiente para alcançar o patamar desejado, ou se ele está conseguindo manter a força corretamente pelo período pré-determinado. As pontuações alcançadas no jogo, as forças máximas, médias, mínimas, os tempos de sustentação da contração muscular e os parâmetros de configuração planejados pelo fonoaudiólogo são armazenados, juntamente com as informações do paciente. Dessa forma, a terapia labial realizada gera dados que são armazenados e possibilitam análise da evolução do paciente em sua reabilitação. Um relatório de desempenho do paciente, utilizando tais dados, foi desenvolvido. Testes de funcionalidade foram realizados para adequação do funcionamento do dispositivo, análise da forma e ergonomia do aparelho e adequações dos jogos. O novo dispositivo foi apresentado para cinco profissionais de Fonoaudiologia para análise da aplicabilidade, usabilidade e aceitabilidade do instrumento de reabilitação labial e para validação do conteúdo do relatório de desempenho do paciente. Em seguida, testes foram conduzidos com 11 indivíduos adultos, sem alterações no vedamento labial, e nove crianças, com idades de 8 a 12 anos, atendidas no Ambulatório de Fonoaudiologia do Hospital das Clínicas da UFMG, que testaram o jogo em três tentativas, com dois minutos de descanso entre elas. O instrumento apresentou boa usabilidade e aceitabilidade na opinião dos fonoaudiólogos com experiência em Motricidade Orofacial e Disfagia, bem como na opinião dos indivíduos adultos que testaram o equipamento. O relatório de desempenho do paciente foi validado quanto ao conteúdo. A média das pontuações no jogo, obtidas pelos adultos que utilizaram o instrumento, foram maiores na terceira tentativa. O mesmo ocorreu com as crianças sem alterações na tensão dos lábios, mas não com as crianças com alterações na tensão labial.

Palavras-chave: fonoaudiologia, terapia labial, *Serious Games*, *biofeedback*

ABSTRACT

The proposed project aimed the creation of a new method, with the development of an anatomical and functional instrument for lip strength therapy, with a focus on facilitating, inciting, making Speech Therapy exercises more pleasant and stimulating. A "Serious Game" was developed with this purpose as a therapeutic tool, and an interactive game for rehabilitation of the lip was associated with the new device, with the objective of increasing the patient's adherence to the treatment. The game was designed for children and teenagers, who are in a period of extensive orofacial development, in addition to being in a phase of a great interest in digital games. This game uses development software for Unity environments in its free version. Four Flexiforce® sensors were used that separately capture the strength of different lip points (upper right, upper left, lower right and lower left) to highlight possible differences between the forces of the upper and lower orbicular oris muscle, and changes in strength between the left and the right side. These sensors, when compressed by the lips, produce analog voltage signals, which are treated, transmitted, processed and stored in digital media. The forces measured by the device are converted into movements in the computer game. The objective of the game is that the user, in addition to reaching strength levels (isotonic muscle contraction), also sustains the forces for certain periods (isometric muscle contraction). It also allows biofeedback to the player, who visualizes if the force used in the instrument is enough to reach the desired level, or if s/he is managing to maintain the strength correctly for the predetermined period. The scores achieved in the game, the maximum, average, minimum forces, the period of sustained muscle contraction, and the configuration parameters planned by the Speech Therapist are stored together with the patient's information. Thus, lip therapy generates data and graphics that are stored and allow analysis of the patient's evolution in his/her rehabilitation. A performance report, using this data, was developed. Functionality tests were carried out to adapt the device, analyze of the shape and ergonomics of the device and adapt the games. The new device was presented to five Speech-Language Pathology professionals to analyze the applicability, usability and acceptability of the lip rehabilitation instrument and to validate the content of the patient's performance report. Then, tests were conducted with 11 adults without problems with lip occlusion and nine children, aged 8 to 12 years, attended at Hospital das Clínicas, UFMG, who tested a game in three attempts, with a 2-minute rest period between attempts. The instrument presented good usability and acceptability in the opinion of speech therapists with experience in Orofacial Myology and Dysphagia, as well as in the opinion of adults who tested the equipment. The patient's performance report was validated in terms of its content. The average of the scores in the game, obtained by the adults who used the instrument, were higher in the third attempt. The same occurred with children without changes in lip tension, but not with children with changes in lip tension.

Keywords: speech therapy, lip therapy, serious game, biofeedback

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Visualização externa dos lábios	23
Figura 2 - Músculos da face, destaque para o músculo orbicular da boca	24
Figura 3 - Segmentos periféricos e marginais do músculo orbicular da boca	25
Figura 4 - Músculos da face, com destaque para os dilatadores periorais.....	25
Figura 5 - Imagens do frênulo do lábio superior e inferior.....	26
Figura 6 - Corte transversal do lábio: estratos cutâneo, muscular e mucoso.....	26
Figura 7 - Imagem do equilíbrio entre as forças dos lábios e língua, propiciando o correto posicionamento dos dentes	27
Figura 8 - Vista lateral da face, representação dos músculos e glândulas, com destaque para o músculo orbicular da boca	28
Figura 9 - Método rotineiro de avaliação da força muscular dos lábios superior e inferior.....	31
Figura 10 - Posicionamento dos eletrodos nos músculos orbiculares superior e inferior da boca	33
Figura 11 - Medição da força labial utilizando dinamômetro	34
Figura 12 - Medição da força de selamento labial usando o medidor com célula de carga	35
Figura 13 - Transdutor de pressão usado na superfície labial do incisivo superior.....	36
Figura 14 - Imagens do instrumento com o inserto intralabial e utilização de célula de carga fora da cavidade oral.....	37
Figura 15 - Aparelho com o inserto intralabial e utilização de célula de carga externa à cavidade oral	38
Figura 16 - Imagens do instrumento e dos sensores fixos no dente incisivo central direito	38
Figura 17 - Fotos do instrumento com sensores inseridos entre os lábios e dos dentes com mordedor.....	39
Figura 18 - Exemplos de exercícios de reabilitação dos lábios.....	42
Figura 19 - Dispositivo de exercício para a área dos lábios e bochecha	45
Figura 20 - Desenhos representando o exercitador muscular facial	45
Figura 21 - Vistas do exercitador muscular labial	46
Figura 22 - Imagem do aparelho para avaliar e treinar a força dos lábios.....	46
Figura 23 - Desenho esquemático do aparelho para detectar a força de fechamento dos lábios e seu método.....	47
Figura 24 - Imagens técnicas do dispositivo de ativação dos músculos orais	47
Figura 25 - Esquema do aparelho de treinamento oral multifuncional	48

Figura 26 - Vistas do dispositivo para treinamento da musculatura oral	49
Figura 27 - Detalhamento técnico do dispositivo para treinamento dos músculos da face, lábios e garganta.....	49
Figura 28 - Imagens do equipamento de montagem intraoral	50
Figura 29 - Foto do Halter Labial Pro-Fono®.....	51
Figura 30 - Imagem do Lip Trainer Myoresearch®.....	51
Figura 31 - Foto do Halter Labial Pro-Fono®.....	52
Figura 32 - Imagem do Myotalea TLJ Myoresearch.....	52
Figura 33 - Captação da imagem do software “Motrisis”	56
Figura 34 - Imagens do jogo “Pedro na casa mal-assombrada”	56
Figura 35 - Imagens do jogo “Schatzoekers”	57
Figura 36 - Interface principal do jogo “Training with Phonak”.....	58
Figura 37 - Captação do jogo “VoxGames”	58
Figura 38 - Imagens do aparelho e do jogo desenvolvidos por Furlan (2015).....	59
Figura 39 - Esquema do desenvolvimento do novo método de terapia labial.....	60
Figura 40 - Sistema mecânico. A) Montado. B) Desmontado.....	60
Figura 41 - Silhueta ergonômica-funcional	67
Figura 42 - Imagem esquemática com as dimensões limites do inserto labial.....	68
Figura 43 - Detalhamento e perspectiva do corpo do instrumento.....	69
Figura 44 - Detalhamento e perspectiva da tampa do instrumento	70
Figura 45 - Detalhamento e perspectiva dos fechamentos das hastes esquerda e direita	70
Figura 46 - Detalhamento e perspectiva das respectivas peças	71
Figura 47 - Perspectivas do conjunto completo montado.....	71
Figura 48 - Vista explodida do aparelho.....	72
Figura 49 - Condições de contorno do aparelho na primeira simulação computacional.....	76
Figura 50 - Malha com elementos tetraédricos criados para a estrutura	76
Figura 51 - Distribuição das Tensões de von Mises (A) e Tensões Máximas Principais (B) na peça retangular com espessura de 1 mm.....	77
Figura 52 - Distribuição das Tensões de von Mises (A) e Tensões Máximas Principais (B) no suporte da peça retangular com espessura de 1 mm.....	77
Figura 53 - Distribuição das Tensões de von Mises (A) e Tensões Máximas Principais (B) na lateral da peça arredondada com espessura de 1 mm	78
Figura 54 - Distribuição das Tensões de von Mises (A) e Tensões Máximas Principais (B) no suporte da peça arredondada com espessura de 1 mm	79

Figura 55 - Distribuição das Tensões de von Mises (A) e Tensões Máximas Principais (B) na lateral da peça redonda com espessura de 2 mm	79
Figura 56 - Distribuição das Tensões de von Mises (A) e Tensões Máximas Principais (B) no suporte da peça arredondada com espessura de 2 mm	80
Figura 57 - Imagens desfiguradas da tampa importada na extensão .x-b.....	81
Figura 58 - Imagens da deformação da tampa importada na extensão. igs	82
Figura 59 - Imagens dos fragmentos da tampa importada na extensão .step	82
Figura 60 - Imagens da tampa sem deformação importada na extensão .sat.....	83
Figura 61 - Imagens do corpo do aparelho sem deformação importada na extensão .sat	83
Figura 62 - Imagens da montagem do instrumento labial	84
Figura 63 - Imagens da montagem do instrumento labial	84
Figura 64 - Imagem da restrição da condição de contorno no eixo y.....	85
Figura 65 - Representação da limitação de deslocamento no eixo Z	85
Figura 66 - Imagem dos carregamentos na aplicação do aparelho	86
Figura 67 - Imagem da malha com elementos tetraédricos	86
Figura 68 - Distribuição das tensões de von Mises na frente (A) e verso (B) do aparelho	87
Figura 69 - Tensão no pino de travamento	88
Figura 70 - Corte horizontal com a visualização das maiores tensões no aparelho	88
Figura 71 - Corte vertical com a visualização das maiores tensões no aparelho.....	88
Figura 72 - Refinamento da malha nos pontos de maior exigência de carga na aplicação do aparelho	89
Figura 73 - Corte vertical com a visualização das maiores tensões no aparelho.....	89
Figura 74 - Imagem do sensor ThruMode RSR ½” da Sensitronics®	91
Figura 75 - Imagem do sensor FSR ShuntMode ½” da Sensitronics®	92
Figura 76 - Imagem do sensor FSR 4000 da Interlink Electronics®.....	93
Figura 77 - Imagem do sensor FlexiForce A201 da Tekscan®.....	93
Figura 78 - Circuito condicionador do sinal para um sensor FSR.....	95
Figura 79 - Plataforma de desenvolvimento Arduino UNO	95
Figura 80 - Dados coletados durante um ensaio com duração de 37 segundos.....	96
Figura 81 - Curva de calibração do sensor 1	97
Figura 82 - Curva de calibração do sensor 2	97
Figura 83 - Curva de calibração do sensor 3	98
Figura 84 - Curva de calibração do sensor 4	98
Figura 85 - Etapa de calibração do jogo	100

Figura 86 - Etapa tutorial do jogo.....	100
Figura 87 - Imagem do jogo com alvos no primeiro patamar (A), segundo patamar (B) e terceiro patamar (C) de força	101
Figura 88 - Coleta de dados	107

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Softwares para terapias fonoaudiológicas	55
Quadro 2 - Resumo dos mecanismos de medição da força labial	64
Quadro 3 - Incertezas expandidas dos sensores.....	99
Quadro 4 - Organização dos alvos ao longo do jogo.....	101

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Avaliação da aceitabilidade e usabilidade do instrumento por profissionais da área	109
Tabela 2 - Avaliação da representatividade dos itens do relatório de desempenho do paciente	110
Tabela 3 - Pontuações dos participantes nas três tentativas do jogo	110
Tabela 4 - Avaliação da aceitabilidade e usabilidade do instrumento pelos participantes adultos	111
Tabela 5 - Dados de identificação e da avaliação clínica dos lábios das crianças com alteração da tensão de lábios	112
Tabela 6 - Dados de identificação e da avaliação clínica dos lábios das crianças sem alteração da tensão de lábios	113
Tabela 7 - Pontuações dos participantes nas três tentativas do jogo	114

SUMÁRIO

RESUMO	6
ABSTRACT	6
LISTA DE FIGURAS.....	8
LISTA DE QUADROS	12
LISTA DE TABELAS	13
SUMÁRIO	14
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS	17
1 Introdução.....	18
A abrangência e importância do trabalho.....	20
Descrição do projeto.....	21
Objetivos	22
Objetivo geral	22
Objetivos específicos.....	22
2 Revisão bibliográfica.....	23
Anatomia e fisiologia dos lábios	23
Avaliação da força dos lábios.....	29
Processo rotineiro de avaliação da força dos lábios	31
Mecanismos de avaliação objetiva da força dos lábios.....	31
Reabilitação da força e mobilidade labial	40
Método rotineiro de reabilitação labial.....	41
Dispositivos de terapia labial.....	44
Jogos computacionais para reabilitação	52
3 desenvolvimento do método de reabilitação da força labial.....	60
Sistema mecânico	60
Processos de injeção	61
Prototipagem rápida.....	61

	Avaliação da usabilidade e aceitabilidade do instrumento pelos profissionais	109
	Validação de conteúdo.....	109
	Testes com adultos	110
	Testes com crianças.....	112
5	DISCUSSÃO.....	115
	Avaliação do instrumento por profissionais.....	115
	Validação do conteúdo do relatório de desempenho.....	116
	Testes com adultos	116
	Testes com crianças.....	117
	Considerações finais.....	118
6	Conclusões.....	120
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	121
	APÊNDICE 1	130
	APÊNDICE 2	131
	APÊNDICE 3	132
	APÊNDICE 4	135
	APÊNDICE 5	136
	APÊNDICE 6	137
	APÊNDICE 7	138
	APÊNDICE 8	139
	ANEXO 1	140
	ANEXO 2	141

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABS	Acrilonitrída Butadieno Estireno
AVC	Acidente Vascular Cerebral
CAPES	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
CNPq	Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
DEMEC	Departamento de Engenharia Mecânica
IVC	Índice de Validade de Conteúdo
OMS	Organização Mundial da Saúde
PLA	Poliácido Láctio
PPGMEC	Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica
SUS	System Usability Scale
TCLE	Termo de Consentimento Livre e Esclarecido
UFMG	Universidade Federal de Minas Gerais

1 INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, a tecnologia vem alterando drasticamente os tratamentos de reabilitação nos seres humanos (WATANABE *et al.*, 2003). Os avanços tecnológicos estão possibilitando a diversos pacientes, com inúmeras dificuldades e deficiências, aprimorar mais do que as funções alteradas, ajudando também a diminuir ou dissipar dores e sofrimentos, sem contar com refreamento da degeneração muscular (RODRÍGUEZ *et al.*, 2019).

A modernização associada à Fisioterapia, por exemplo, permite abordagens mais interativos, estimulantes e empolgantes, ferramentas auxiliares ao tratamento que efetivamente incentivam os pacientes ao procedimento terapêutico. Para pontuar um desses grandes avanços temos a “gameterapia”, que se utiliza da motivação dos jogos para reabilitar pacientes (WATANABE *et al.*, 2003).

A gameterapia é o método que utiliza os “*Serious Games*” no auxílio à recuperação dos usuários em tratamento da saúde, como em sessões terapêuticas ocupacionais, neurológicas, ortopédicas ou fisioterapêuticas (BASTOS *et al.*, 2017). Os jogos digitais apresentam-se como um crescente recurso motivacional para pacientes em reabilitação e promovem o aumento da adesão de jovens e crianças ao tratamento. Os autores Johnson (2006) e Mirelman *et al.* (2009) informam que os jogos computacionais para recapacitação estão sendo cada vez mais explorados nos programas de treinamento motor.

A interação cognitiva dos jogos configura um modo efetivo para fortalecer programas de reabilitação, não somente pelo estímulo animador, mas também por propiciar um sistema de aprendizado eficaz com base no “reforço positivo”, isto é, quando o movimento é corretamente executado, alcança-se o patamar desejado. Esse sistema de recompensas beneficia o desbloqueio das ações e garante satisfação, favorecendo ainda a receptividade a alterações no tratamento, além de proporcionar a multiplicação das capacidades (SCHMID, 2009).

Existem poucos aparelhos no mercado e acanhadas bibliografias acadêmicas para os instrumentos de reabilitação labial, mas, sobretudo, nenhum instrumento utilizando jogos

computacionais. No entanto, há enorme carência de um instrumento que tonifique a musculatura labial.

A contração dos lábios é fundamental para adequar várias funções orais, pois produz o fechamento da boca que é essencial na fala, na apreensão alimentar e na deglutição. Os lábios também participam das ações de assobiar, soprar, chupar e beijar (FIGÚN; GARINO, 2003). A selagem dos lábios é responsável por propiciar a pressão intraoral na deglutição e na sucção. Na fala, os lábios atuam cortando o fluxo de ar, facilitando as pronúncias de vários fonemas (DOUGLAS, 2002).

O treinamento da musculatura labial é necessário em casos de pacientes com diversas patologias como paralisia facial periférica, síndrome da respiração oral, má formação do músculo orbicular da boca ou que foram submetidos a cirurgias para retirada de tumores neste músculo (MACHADO *et al.*, 2012), desordens neurológicas como acidente vascular cerebral (AVC) (BOTELHO *et al.*, 2016) e síndrome de Down (KACZOROWSKA *et al.*, 2019). Tais problemas promovem a diminuição da força dos lábios, desencadeando funcionamento inadequado dos músculos orofaciais, sendo necessário reabilitar o grupo muscular prejudicado (VALENTIM *et al.*, 2012). Além disso, o mau funcionamento muscular pode trazer sequelas sociais e psicológicas devido ao comprometimento estético e interferência no crescimento e desenvolvimento normais da arcada dentária e mandíbula (MORALES, 2009).

A reabilitação labial deve ser feita com o acompanhamento do fonoaudiólogo, que inclui orientações de exercícios de capacitação, cuidadosamente planejados para alcançar resultados rápidos e efetivos (ESCOURA, 1998). Porém, as técnicas e instrumentos hoje utilizados para o restabelecimento muscular oral (canudos, dedo enluvado, palitos e espátulas) são pouco estimulantes. Por isso, o grupo de Engenharia Biomecânica da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) vem desenvolvendo métodos e aparelhos que permitem avaliar quantitativamente a força dos lábios, paralelamente ao desenvolvimento de instrumentos que motivam os pacientes ao fortalecimento do tônus/tensão muscular oral.

O grupo de Engenharia Biomecânica da Universidade Federal de Minas Gerais (Mecbio) idealizado e coordenado pelo professor/pesquisador Estevam Barbosa de Las Casas, possui pesquisadores das áreas de Engenharia, Design, Computação, Biologia, Odontologia, Fisioterapia e Fonoaudiologia, incluindo um intercâmbio ativo entre profissionais de diferentes

áreas e instituições. Dentre os seus objetivos, o referido grupo visa fornecer soluções úteis e confiáveis para a reabilitação labial. Esse caráter interdisciplinar possibilita o desenvolvimento de dispositivos, a investigação do comportamento mecânico-estrutural dos novos dispositivos, verificação dos esforços internos, análise da durabilidade e resistência do material, assim como o aprofundamento das peculiaridades da anatomia e dificuldades nos tratamentos terapêuticos orais, articulados ainda com o planejamento de jogos computacionais. Diversas pesquisas e dispositivos (VALENTIM *et al.*, 2012; PERILO, 2012; PERILO *et al.*, 2010; FURLAN, 2015) foram desenvolvidos pelo grupo Mecbio e algumas dessas foram apresentadas nesta dissertação, pois foram de suma importância para o desenvolvimento deste projeto.

Abrangência e importância do trabalho

O tratamento fonoaudiológico para reabilitação da força labial requer o treino por meio de uma série de exercícios, que devem ser realizados não somente durante as sessões de terapia, mas também em casa, durante toda a semana, se possível mais de uma vez ao dia, para que se chegue ao resultado esperado da melhor maneira e o mais rápido possível. Porém, a assiduidade e a continuação do tratamento requerem um interesse por parte do paciente e da família, o que muitas vezes não ocorre devido aos exercícios tradicionais serem considerados exaustivos e repetitivos, principalmente para o público infantil, o que eventualmente, compromete a evolução do tratamento. Sendo assim, é desejável que se tenha disponível um produto que torne esse momento mais agradável, rápido e ao mesmo tempo eficiente, o que pode ser conseguido associando a terapia a um evento lúdico.

Outro fator importante é que muitas vezes falta ao profissional uma forma de proporcionar ao paciente carga progressiva durante o treino e de mensurar o ganho de força do paciente, com a realização dos exercícios ao longo do tratamento. Este projeto busca o desenvolvimento de um instrumento que proporcione estes dois benefícios: permitir ao profissional controlar o nível de força que o paciente realiza durante os exercícios e gerar relatórios sobre o desempenho do paciente ao final de cada atividade. Dessa forma, o fonoaudiólogo, o paciente e sua família poderão acompanhar a evolução durante as sessões, de forma quantitativa, por meio de números e gráficos.

Ainda, esse projeto é justificado devido à elevada incidência da **síndrome do respirador oral**, afetando de 26,6% a 53,3% das crianças em idade escolar no Brasil (CORRÊA, BERZIN, 2008). Esse alto percentual engloba somente o público infanto-juvenil, mas os adultos também podem apresentar adaptações orais compensatórias e fraqueza dos músculos labiais em decorrência de respiração oral.

Um instrumento para reabilitação labial também beneficiaria o tratamento de pacientes com **paralisia facial periférica**, que atinge de 20 a 30 indivíduos a cada 100 mil habitantes (VALENÇA *et al.*, 2001), bem como indivíduos com distúrbios neurológicos, no tratamento pós Acidente Vascular Cerebral (AVC) ou com Síndrome de Down. O AVC, em 2014, de acordo com a Organização Mundial de Saúde (OMS) já possuía uma incidência anual de 108 casos para cada 100 mil habitantes no Brasil (BOTELHO *et al.*, 2016). Estimando para os dias atuais seriam 226.800 indivíduos acometidos com AVC no país. Schelp *et al.* (2004) verificaram que, dos pacientes que sofreram AVC, 76,5% apresentavam disfagia, o que demanda um apurado processo de reabilitação orofacial. Já a **Síndrome de Down**, tem incidência estimada em um a cada 600 nascimentos (BRANDÃO *et al.*, 2012), sendo que indivíduos com a síndrome frequentemente apresentam dificuldades nas funções orofaciais ocasionadas pela hipotonia dos lábios (KACZOROWSKA *et al.*, 2019).

Como é possível perceber, a demanda por um instrumento de reabilitação é enorme e o desenvolvimento dessa tecnologia vem contribuir para um novo degrau na evolução da terapia da musculatura labial.

Descrição do projeto

A proposta dessa pesquisa é desenvolver um instrumento eletromecânico capaz de exercitar a força dos lábios associando a gameterapia como estímulo atrativo à reabilitação e ainda possibilitando o *biofeedback*, para que o paciente visualize a execução correta da atividade. Além disso, pretende-se associar a interação nos jogos com a geração de relatórios que mensuram a evolução dos pacientes, conjuntamente com a determinação dos níveis de força, do tempo de sustentação dos movimentos e do número de repetições, opções flexíveis para adaptação da terapia pelo profissional de Fonoaudiologia.

Objetivos

Objetivo geral

Este projeto tem como objetivo geral o desenvolvimento de um método para reabilitação da força dos lábios.

Objetivos específicos

1. Projetar e construir um instrumento mecânico-tecnológico para reabilitação da força dos lábios que seja associado a jogos digitais.
2. Desenvolver um jogo eletrônico que seja utilizado no processo de reabilitação da força dos lábios.
3. Analisar a compatibilidade entre as atividades realizadas com o instrumento e os exercícios usualmente realizados na reabilitação da força dos lábios.
4. Desenvolver e validar um relatório de desempenho do paciente.
5. Analisar a usabilidade e aceitabilidade do método.
6. Analisar a pontuação no jogo obtida por adultos sem alterações no vedamento labial.
7. Analisar a pontuação no jogo obtida por crianças com e sem diminuição da força dos lábios.

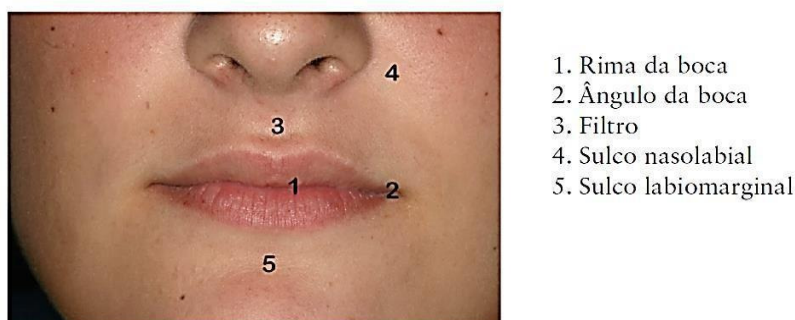
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Anatomia e fisiologia dos lábios

Os lábios localizam-se no início da cavidade oral e sua função é prover capacidade adequada para sucção, mastigação, deglutição, respiração e até o correto alinhamento dentário (VALENTIM *et al.*, 2012). Os lábios atuam na fonoarticulação, permitindo a correta dicção das palavras, expressão facial e adequada harmonia estética da face. Para realizar essa diversidade de tarefas, os lábios possuem um complexo sistema de músculos e estruturas de apoio (DOUGLAS, 2002).

Em visualização externa dos lábios (Figura 1), é possível verificar a *rima da boca* (fenda limitada pelos lábios) e suas extremidades, que unem e formam os *ângulos da boca*, denominadas também *comissuras labiais*. O lábio superior limita-se com nariz e é separado das bochechas pelo *sulco nasolabial*. Já o lábio inferior é delimitado pelo *sulco labiomarginal* (sulco que vai do ângulo da boca à base da mandíbula) e a dobra mentolabial que forma o U invertido e é restringida pelo queixo (ORIÁ; BRITO, 2016).

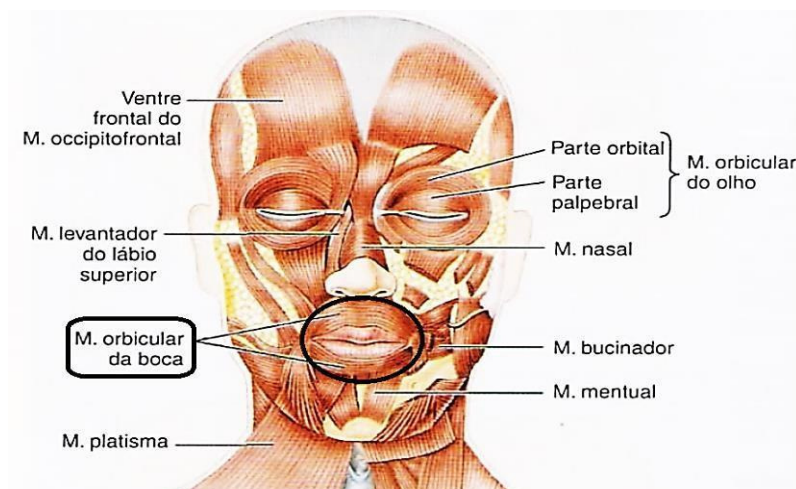
Figura 1 - Visualização externa dos lábios



Fonte: Oriá, Brito (2016, p. 26)

Os lábios são formados pelo músculo orbicular da boca (Figura 2) que é responsável pela sua forma (COSENZA, 2005). O orbicular da boca é elíptico e consiste de fibras superiores e inferiores que formam os lábios e demarcam a rima oral. Esse músculo localiza-se ao redor da boca e constitui a altura dos lábios e seu envoltório. Pode ser separado em duas partes, semi-orbiculares, uma superior e outra inferior, que possuem as funções de selar, comprimir, contrair, enrugar e executar a protrusão dos lábios (FIGÚN; GARINO, 2003).

Figura 2 - Músculos da face, destaque para o músculo orbicular da boca

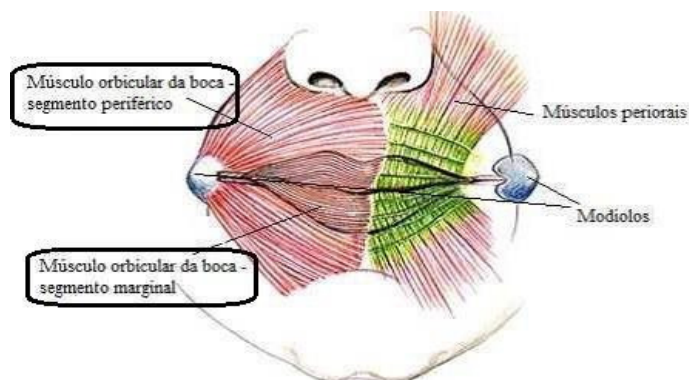


Fonte: Köpf-Maier (2006)

Os músculos que formam o sistema orofacial são mais complexos do que parecem e são caracterizados por seus pequenos tamanhos e pela capacidade de gerar movimentos altamente precisos e diferenciados, que incluem uma série de mudanças rápidas de formato. Isso é possível devido à grande quantidade de inervações e à complexa organização das fibras musculares (VALENTIM *et al.*, 2012).

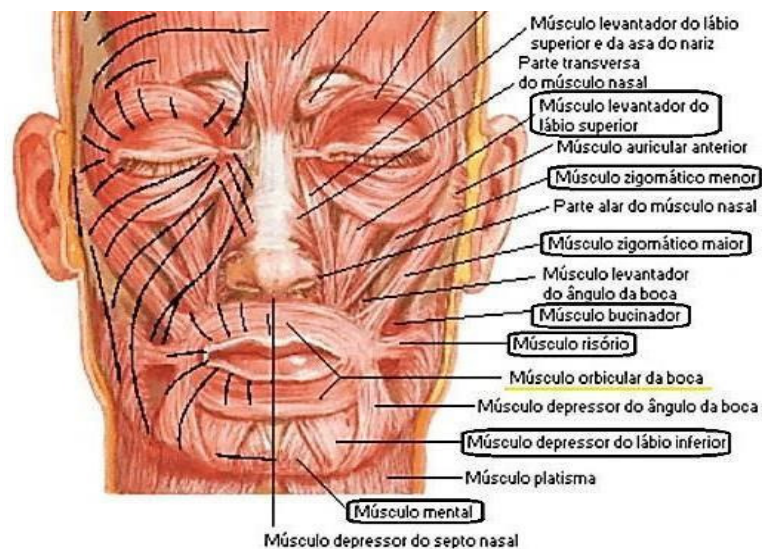
As fibras no músculo orbicular dividem-se em segmentos **periféricos** e **marginais** (ver Figura 3). As fibras do segmento **periférico** encontram-se afastadas da abertura da boca, já as fibras dos segmentos **marginais** têm diâmetros estreitos e estão na extremidade da abertura. O direcionamento das fibras possibilita os diferentes movimentos realizados pelos lábios. Como exemplo, a contração dos segmentos das fibras **periféricas** superiores associadas aos *músculos elevadores labiais* (Figura 4) permite, como o próprio nome diz, a elevação dos lábios e conseqüentemente a exposição dos dentes. O mesmo ocorre com os músculos das fibras **periféricas** inferiores que também se associam aos *músculos abaixadores labiais* (Figura 4), possibilitando ações de fala e expressão na face. Já as fibras **marginais**, atuam basicamente pressionando o lábio contra a arcada dentária. A parcela labial que forma os segmentos **periféricos** é maior e é onde se localiza a inserção dos músculos chamados periorais (BENTSIANOV; BLITZER, 2004).

Figura 3 - Segmentos periféricos e marginais do músculo orbicular da boca



Fonte: Bentsianov e Blitzer (2004).

Figura 4 - Músculos da face, com destaque para os dilatadores periorais



Fonte: Netter (2000)

Além do músculo orbicular da boca, que constitui os lábios e circunscribe o orifício oral, existem outros músculos periorais que auxiliam os movimentos dos lábios. Estes músculos são: **levantador do lábio superior, zigomático menor, zigomático maior, risório, bucinador, depressor do lábio inferior e mental ou mentoniano** (Figura 4). Estes músculos formam-se em áreas ósseas distantes dos lábios, porém os feixes de fibras dirigem-se esses e são introduzidos cruzando-os com as fibras orbiculares orais (MADEIRA, RIZZOLO, 2009).

O vestíbulo da boca é um espaço entre os lábios e bochechas (na área externa) e a gengiva e os dentes (internamente). No vestíbulo encontram-se os frênuos labiais (pregas de tecido

mucoso), sendo que tanto os superiores quanto os inferiores se localizam no centro simétrico da boca (Figura 5) (DANGELO; FATTINI, 2005). O vestibulo interno possui grande relevância nesta pesquisa, pois será o local de posicionamento do novo instrumento de reabilitação labial proposto.

Figura 5 - Imagens do frênulo do lábio superior e inferior



Fonte: Próprio autor

A histologia dos lábios, da superfície para dentro, é formada por camadas ou estratos de tecido cutâneo (pele), muscular e mucosa (Figura 6), entre as quais se encontram vasos e nervos (COSENZA, 2005). O estrato cutâneo é espesso e constituído por um epitélio queratinizado e com folículos sebáceos e glândulas sudoríparas. A parte média e central é constituída pelo músculo orbicular da boca (principal constituinte dos lábios) e os periorais que estão posicionados em vários sentidos abaixo da pele. A mucosa é informalmente denominada **vermelhão**, compõe a borda livre dos lábios, contém grande número de terminações nervosas e tem grande sensibilidade (MADEIRA, RIZZOLO, 2009).

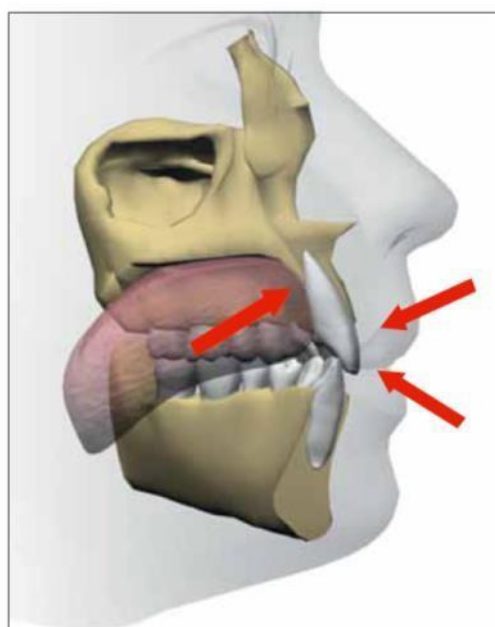
Figura 6 - Corte transversal do lábio: estratos cutâneo, muscular e mucoso



Fonte: Madeira, Rizzolo (2009)

A falta do selamento dos lábios pode levar a uma instabilidade das funções orofaciais e do posicionamento adequado dos dentes e até do crescimento harmônico facial. O cerramento dos lábios proporciona o equilíbrio das forças da musculatura da face, uma vez que os músculos bucinadores e orbicular da boca operam como “cinta muscular” que delimita o posicionamento e crescimento da mandíbula (Figura 7). A postura habitual dos lábios entreabertos não permite o funcionamento desta “cinta muscular” e por isso, pode favorecer a protrusão dentária pela falta da pressão exercida pelos lábios sobre os dentes (GONZALEZ; LOPES, 2000).

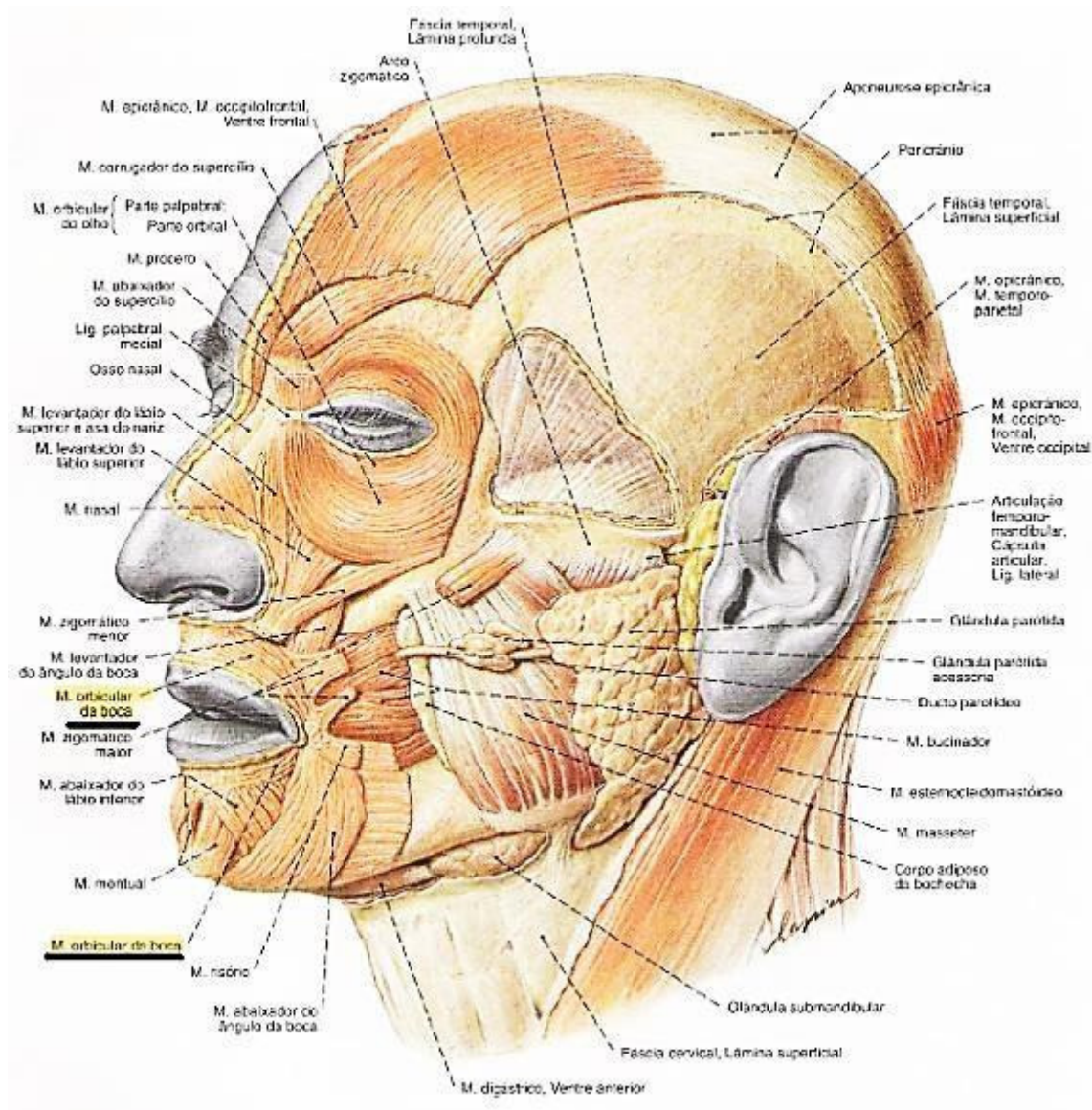
Figura 7 - Imagem do equilíbrio entre as forças dos lábios e língua, propiciando o correto posicionamento dos dentes



Fonte: Artese *et al.*, (2011, p. 137)

Os lábios fazem parte do sistema estomatognático, definido como o conjunto de estruturas que desenvolvem funções conjuntas em torno da mandíbula. As funções principais desse sistema são a fonoarticulação, a respiração, a sucção, a deglutição e a mastigação, atividades fisiológicas que estão estreitamente ligadas entre si, pois utilizam muitas das mesmas estruturas orais. Mesmo possuindo características próprias, necessitam do funcionamento de outros sistemas do corpo humano, como sistema endócrino, nervoso e circulatório para seu adequado desempenho (Figura 8). As conexões são tão fortes que qualquer distúrbio em uma parte do sistema estomatognático pode influenciar o desempenho dos sistemas metabólico-endócrino, respiratório e digestivo (MACHADO *et al.*, 2012).

Figura 8 - Vista lateral da face, representação dos músculos e glândulas, com destaque para o músculo orbicular da boca



Fonte: Sobotta (2000, p.78)

Com fundamento na pesquisa sobre a anatomia e fisiologia dos músculos orofaciais será possível expandir a investigação dos instrumentos e métodos relacionados à força de reabilitação labial. A próxima etapa deste projeto apresentará os métodos rotineiros de análise da força dos lábios e os principais dispositivos desenvolvidos para este fim.

Avaliação da força dos lábios

A Fonoaudiologia é a ciência que estuda todas as alterações ligadas à comunicação humana, como a fala, a voz, a linguagem oral, a linguagem escrita, a audição, além de englobar as funções de deglutição, mastigação e respiração (DOUGLAS, 2002). Os lábios são “cuidados” por esse profissional, que promove a saúde do paciente por meio da prevenção de alterações, da avaliação das condições dos músculos orofaciais, estabelecendo o diagnóstico do distúrbio, propondo exercícios favoráveis à reabilitação e planejando sua periodicidade de movimentos, visando ao equilíbrio destas funções e ao restabelecimento da musculatura da face. O trabalho de reabilitação muscular inclui orientações e atividades musculares planejadas para alcançar resultados rápidos e efetivos (VALENTIM *et al.*, 2012).

A contração dos lábios é fundamental para as várias funções orais, pois produz o fechamento da boca, essencial na fala, na prensão alimentar e na deglutição. Os lábios também participam das ações de assobiar, soprar, chupar e beijar (FIGÚN; GARINO, 2003). A selagem dos lábios é responsável por propiciar a pressão intraoral na deglutição e na sucção. Na fala, os lábios atuam cortando o fluxo de ar, facilitando as pronúncias dos seguintes fonemas: /m/, /p/, /b/, /v/ e /f/, ou redefinindo a forma da cavidade oral, alterando a ressonância da voz e auxiliando a produção das vogais (DOUGLAS, 2002).

Na mastigação, os problemas na musculatura labial geram alterações importantes nas funções alimentares, como a perda do alimento, principalmente na consistência líquida e pastosa fina, devido à dificuldade de selamento labial (BELO *et al.*, 2009). Problemas na tonicidade do orbicular da boca podem gerar dificuldade no processo de deglutição, que requer que os lábios estejam vedados para gerar uma pressão negativa na cavidade oral, e consequente condução do bolo alimentar ao esôfago (BURKHEAD *et al.*, 2007).

A ausência do selamento dos lábios, devido a obstruções nasais e faríngeas ou a má oclusão dentária, condicionam os indivíduos a desenvolverem maus hábitos respiratórios. Sendo a respiração parcial ou exclusivamente pela boca, essa alteração da função oral provoca transformações em todo sistema estomatognático (JUNQUEIRA, 2005). Geralmente há um encurtamento do lábio superior, a porção inferior se torna fraca e hipotensa, já o mental se torna hipertenso na tentativa de compensar a falta de selamento labial. Transtornos estes que interferem significativamente no sono, no desempenho intelectual, na postura, na comunicação

e no bem estar do indivíduo (PIEROTTI, 2003). A intervenção médica se faz necessária para corrigir distúrbios nasais (adenoides, desvios de septo, etc.), na faringe/laringe (amígdalas aumentadas) e doenças alérgicas para possibilitar a passagem adequada do ar pelas vias respiratórias, além da intervenção ortodôntica para corrigir desvios dentários que dificultam o fechamento labial. No entanto, é o profissional de terapia fonoaudiológica que estabelecerá o equilíbrio e harmonia entre a forma e a função labial, além de propiciar o alongamento do músculo orbicular superior, o correto posicionamento dos lábios e o fortalecimento de toda a musculatura orofacial, a fim de viabilizar o vedamento labial (IANNI FILHO *et al.*, 2006).

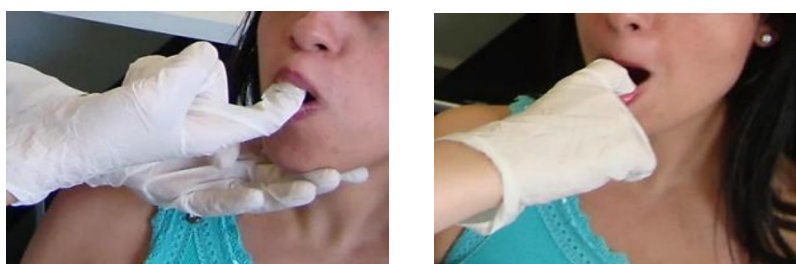
A respiração oral é frequente em crianças e, embora seja um sintoma, é considerada uma síndrome quando envolve diversas consequências e provoca alterações não só orofaciais, mas também modificações miofuncionais que atingem o eixo corporal e sua dinâmica (MACHADO *et al.*, 2012). A **respiração oral** é mais frequente na faixa etária pediátrica, sendo o tratamento adequado fundamental (KRAKAUER *et al.*, 2003).

Além das causas oclusais, outras disfunções necessitam do treinamento da musculatura labial de pacientes com alterações como: retirada de tumores no músculo orbicular da boca, má formação do músculo labial e síndrome de Down (KACZOROWSKA *et al.*, 2019). O acidente vascular cerebral (AVC) se dá pelo extravasamento de sangue ou pela restrição do fluxo sanguíneo do vaso dentro do cérebro (BOTELHO *et al.*, 2016). Uma pesquisa revelou que, dentre indivíduos que sofreram AVC, 76%, apresentaram disfagia (dificuldade de deglutição), o que demanda um apurado processo de reabilitação orofacial (SCHELP *et al.*, 2004). Outra condição clínica que necessita da reabilitação labial é a paralisia facial periférica, definida como uma lesão do nervo facial que altera o funcionamento da musculatura da face e pode ser causada por fatores infecciosos, traumáticos, metabólicos, congênitos, etc. O tratamento se dá, em sua maioria, por programas de terapia neuromotora facial (MACHADO *et al.*, 2012). Todos estes problemas promovem a diminuição da força dos lábios desencadeando o funcionamento inadequado dos músculos orofaciais, sendo necessário reabilitar o grupo muscular prejudicado (VALENTIM *et al.*, 2012). A deficiência muscular pode trazer sequelas sociais e psicológicas devido ao comprometimento estético, interferência no crescimento e desenvolvimento anormais da arcada dentária e mandibular (MORALES, 2009). Além de tratar as disfunções, a prática de mioterapia labial também ajuda a reduzir o ronco, promove a simetria da face, melhora a expressão facial e ainda auxilia na estética, minimizando ou retardando as rugas da área dos lábios (MARY, 2016).

Processo rotineiro de avaliação da força dos lábios

Atualmente, a técnica de avaliação da força dos lábios é realizada observando-se a característica da estrutura labial na posição de repouso e durante seus movimentos. Além da análise visual, é averiguada a percepção tátil (palpação) dos músculos em descanso e contraídos em forma de bico. O paciente também é orientado a gerar uma contrarresistência, intercaladamente no lábio superior e no inferior, à ação realizada pelo dedo enluvado do avaliador (ver Figura 9). Em seguida, o fonoaudiólogo classifica o lábio como: normotenso, hipotenso, levemente hipotenso ou hipertenso. Essa avaliação se faz, portanto, de forma subjetiva, visto que resulta da percepção do profissional. Diversas causas afetam esta classificação como, por exemplo, a experiência clínica do avaliador e o posicionamento do dedo do profissional (PERILO, 2008).

Figura 9 - Método rotineiro de avaliação da força muscular dos lábios superior e inferior



Fonte: Próprio autor.

Essa técnica qualitativa dificulta a interação entre profissionais, uma vez que não há uma quantificação das informações e uma avaliação miofuncional orofacial exata, que possibilite traçar planos de terapia específicos para cada região labial (PERILO, 2008), além de impedir a aferição de valores numéricos de força que se prestassem como parâmetros de melhoras ou deterioração. Ainda dificulta a identificação de pequenas alterações de força muscular em casos com acanhadas progressões no tratamento ou leve degeneração muscular labial (VALENTIM *et al.*, 2012), identificação essa que seria de grande relevância para interromper essas alterações ainda em estágios precoces, evitando assim a instauração de distúrbios miofuncionais (FERREIRA, 1997).

Mecanismos de avaliação objetiva da força dos lábios

O desenvolvimento de um novo instrumento de terapia labial objetivou encontrar um mecanismo que, vinculado a sensores, possibilitasse exercitar os lábios (restabelecendo o tônus/tensão muscular) e mensurasse objetivamente a força do músculo orbicular da boca, visando auxiliar nos estágios de diagnóstico, prognóstico e principalmente no acompanhamento terapêutico.

Diversos instrumentos foram encontrados na literatura para medir as forças dos lábios, porém, apesar do empenho para adquirir um valor numérico para a força ser de grande utilidade, é fundamental verificar a correlação do resultado objetivo com a avaliação clínica da força labial (VALENTIM *et al.*, 2012).

Na atualidade, o exame de eletromiografia de superfície é utilizado como método objetivo complementar ao diagnóstico qualitativo dos músculos labiais. A eletromiografia é um recurso utilizado para medir a ativação muscular por meio de registros dos sinais elétricos transmitidos por estímulos das células musculares. Essa tecnologia permite obter informações quanto ao tempo de ativação dos músculos, a intensidade da atividade muscular (que tem relação direta com a força) e a fadiga muscular (HUG, 2011).

Entretanto, o emprego da eletromiografia pode apresentar desafios: um dos mais significativos é o *crosstalk*, que consiste na contaminação do sinal eletromiográfico com informações provenientes da contração do músculo vizinho ao estudado. A heterogeneidade da fibra muscular pode apresentar diferentes registros do mesmo músculo, em função da distribuição da fibra. Para solucionar isso é necessário posicionar criteriosamente os eletrodos buscando a padronização para diferentes indivíduos (Figura 10). Outro problema encontrado é a movimentação dos artefatos, que consiste no deslocamento do eletrodo sobre a pele ou dos cabos que alteram o resultado eletromiográfico; para resolver é necessário higienizar bem a pele, utilizar gel condutor nos eletrodos e ainda fixar bem os cabos e mantê-los rentes (MATSUI, 2012). Os processos para avaliação dos músculos orofaciais utilizando a eletromiografia ainda são difíceis e complexos por causa das pequenas dimensões dos músculos e da proximidade entre eles (COUTRIN *et al.*, 2008). Devido a todos esses limitantes, não é o meio mais adequado para quantificar a força labial.

Figura 10 - Posicionamento dos eletrodos nos músculos orbiculares superior e inferior da boca



Fonte: Busanello-Stella *et al.* (2015, p. 82)

Uma das primeiras propostas de medição de forças labiais data da década de 1970, quando Garliner (1971) desenvolveu um mecanismo que quantificava a força labial. O instrumento consistia em um **dinamômetro** adaptado a um botão de camisa conectado a um fio. O dinamômetro era deslocado manualmente para tracionar o botão fixo entre os lábios e os dentes do paciente que executava a contrarresistência. O autor não apresentou os valores quantitativos encontrados e apenas descreveu o método desenvolvido. O próprio pesquisador informou que, apesar de ter adquirido valores de força, o processo apresentava certa subjetividade, pois o deslocamento do dinamômetro não foi tracionado pelos lábios e sim pelo investigador.

Outra investigação pioneira foi elaborada por Posen (1976): o autor estudou a força dos músculos labiais utilizando uma haste rígida, um **dinamômetro** e uma pequena inserção circular encaixada entre os dentes e os lábios. Devido à solidez da haste, a tração era exercida impondo o movimento da cabeça, sendo solicitado executar a maior força possível. Fizeram parte da pesquisa 166 homens e 170 mulheres de 8 a 18 anos com oclusão normal, sendo que os limites de força ficaram compreendidos entre 160 gf e 260 gf (aproximadamente 1,57 N e 2,55 N). Entretanto, este mecanismo também apresentou uma inconsistência, visto que a força encontrada não foi apenas dos lábios, mas do movimento da cabeça.

O **dinamômetro** continuou a ser utilizado em outros quatro artigos que descrevem a determinação da força do músculo orbicular. No primeiro estudo, Ingervall e Janson (1981), foram fornecidas poucas informações sobre o processo utilizado e o relato apresentado foi referente a 50 crianças entre 7 e 13 anos. Os valores encontrados foram de 70 gf a 400 gf (aproximadamente 0,69 N a 3,92 N) e a força média de 204 gf (aproximadamente 2,00 N) (ver

Figura 11). O próximo instrumento foi desenvolvido por Cantero *et al.* (2003), em que um mordedor foi fixado a uma placa metálica conectada ao **dinamômetro**. Foram analisadas 90 crianças em tratamento fonoaudiológico e obtidos os valores de 1,68 N a 1,82 N no pré-tratamento e 2,05 N a 2,34 N pós-tratamento. O terceiro instrumento encontrado (GONZÁLEZ *et al.*, 2004) também associou o **dinamômetro** a um mordedor, sendo estudadas 180 crianças de 5 a 12 anos com e sem selamento labial, e as forças limites identificadas foram de 2,03 N a 2,72 N. Garreto (2005) ajustou o **dinamômetro** a um inserto em forma circular que foi encaixado entre os lábios e os dentes. O padrão de normalidade encontrado pelo autor foi de 3 a 5 LBF (aproximadamente 13,3 a 22,3 N). Porém, o autor também detectou em seu método interferência do avaliador e na postura do paciente na hora da execução da força.

Figura 11 - Medição da força labial utilizando dinamômetro



Fonte: Ingervall e Janson (1981, p. 498).

Outro processo muito utilizado para avaliar as funções labiais foi a análise da força de **selamento entre os lábios (preensão labial)**. Unemori *et al.* (1996) adaptaram e aferiram um sensor de distribuição de pressão que foi introduzido entre o lábio superior e o inferior. Foi comparado o valor da força de selamento antes da cirurgia ortognática com o valor adquirido após um ano da intervenção cirúrgica. Em sua metodologia não foi mencionado o número de indivíduos que fizeram parte da pesquisa. A pressão média encontrada, após a cirurgia e os tratamentos miofuncionais orofaciais, foi de 1,0 a 2,2 gf/mm², aproximadamente 9,8 a 21,6 N/m². O método foi eficiente para mensurar a pressão entre os lábios e verificar progressão na reabilitação labial, entretanto não foram fornecidas medidas de força aplicada. Jung *et al.* (2003), Figura 12, também investigaram o **selamento labial** em 32 estudantes do sexo masculino com má oclusão. Foi empregado um sensor com célula de carga que obteve uma

força média do lábio superior com variação de 3,3 N a 13,1 N e a força máxima que ficou de 4,3 a 20,3 N. Trotman *et al.* (2007) desenvolveram pesquisa sobre a força de **selamento labial** numa investigação que utilizou 48 indivíduos com fissura labial e 36 sem nenhuma modificação nesta estrutura. Neste estudo, foi utilizado um transdutor sensível à força dos lábios e foi possível detectar a diferença entre a força máxima do lábio superior 3,7 N e a do inferior 7,5 N. O lábio inferior apresentou-se mais forte e alcançou o pico máximo de força em um período menor do que o superior. Jung *et al.* (2010) pesquisaram 99 indivíduos com o objetivo de mensurar, separadamente, a força do lábio superior e do inferior, usando uma célula de carga para cada lábio (Figura 12). O grupo masculino obteve uma média compreendida entre 1,77 N a 5,59 N para o lábio superior e 3,64 N a 9,56 N para o lábio inferior. O grupo feminino atingiu uma média de 0,50 N a 2,26 N para o lábio superior e 0,83 a 3,71 N para o inferior. Foi possível verificar que o grupo masculino apresentou força de selamento labial maior do que o grupo feminino, além de distinguir, em quase o dobro, a diferença de força entre o lábio superior e o inferior.

Figura 12 - Medição da força de selamento labial usando o medidor com célula de carga



Fonte: Jung *et al.* (2010, p.61)

Outra ferramenta muito utilizada na literatura é composta por **sensores fixos nos dentes** para detectar a força exercida pela musculatura labial. O estudo pioneiro foi realizado por Kydd *et al.* (1963), em que os autores investigaram as forças tanto da língua quanto dos lábios em 11 indivíduos com e sem selamento labial. Para medição da força dos lábios, foram **colados os transdutores de pressão nos dentes** incisivos centrais superiores. O valor médio adquirido foi de 70 g/cm², mas não foi informada a área do sensor para que pudéssemos encontrar a força aplicada. Na utilização dessa mesma técnica, também foi possível encontrar diferença entre os lábios. Mchenry *et al.* (1999) analisaram a interferência da idade na força labial e para essa análise foram pesquisadas 40 mulheres com idades de 20 a 100 anos. Foram usados **sensores**

de força fixos nos dentes incisivos superiores e inferiores e as medições foram avaliadas durante as funções orais. A força encontrada no grupo com idade de 20 a 60 anos foi maior do que a encontrada no grupo de idade mais avançada de 80 a 100 anos. O valor máximo do orbicular superior, obtido na faixa etária mais jovem, foi de 5,8 N e para o lábio inferior foi de 11,0 N. Ruan *et al.* (2005) investigaram a pressão dos lábios e da língua em 31 crianças de 3 a 6 anos com e sem oclusão labial. O transdutor de pressão foi **fixado com adesivo esmalte no dente** incisivo central superior (Figura 13), alternado com o inferior, e o resultado encontrado para os lábios em deglutição foi de 1,01 N/m² no incisivo superior, 1,25 N/m² no incisivo inferior. Considerando que a área do sensor é de 0,000015 m² se obtém uma força média atuante sobre o incisivo superior de 0,015 N e a média inferior de 0,019 N. Ogushi *et al.* (2008) pesquisaram 19 homens e 19 mulheres utilizando transdutores de pressão **fixos no dente** incisivo central, caninos e molares e não encontrou diferença expressiva entre os sexos. Os valores de pressão encontrados nos incisivos centrais foram de 0,69 g/cm² a 3,32 g/cm² e a área sensível do transdutor de pressão era de 0,00196 cm², obtendo-se a força de 0,00001 N a 0,00006 N. Di Fazio *et al.* (2011) também quantificaram a pressão dos lábios em 25 pessoas com idades entre 9 e 35 anos com boa capacidade labial e, **colando os sensores nos incisivos** centrais superiores, foram aferidos os valores de 22,54 gf/cm² a 27,34 gf/cm² para a deglutição. Como a área do sensor era de 0,713cm², transformando obteve-se a força de 0,157 N a 0,191 N. Neste estudo foi averiguada a capacidade de força entre diferentes idades e os valores dos jovens (9 a 18 anos) foram maiores do que dos adultos da pesquisa (19 a 35 anos).

Figura 13 - Transdutor de pressão usado na superfície labial do incisivo superior

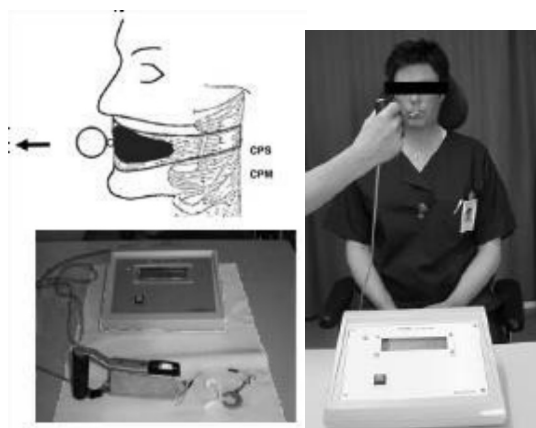


Fonte: Ruan *et al.* 2005

Os próximos artigos relataram, como mecanismo de captação da força labial, um **inserto intralabial**, que foi posicionado entre os lábios e os dentes, e o tipo de medidor empregado foi um transdutor de força, denominado como **célula de carga, externa à cavidade oral**. Hägg e Anniko (2008) realizaram um estudo com 30 indivíduos com idades entre 49 e 88 anos que sofreram AVC. O instrumento foi colocado na cavidade oral e conectado a um fio de aço e a

uma célula de carga. Logo após, o paciente foi solicitado a “encolher” os lábios para puxar o fio. A força média encontrada antes de iniciar o tratamento foi de 7 N e a força média pós-intervenção mioelétrica de 18,5 N, verificando grande melhora na capacidade labial, após a intervenção terapêutica. Hägg *et al.* (2008) continuaram a pesquisa do instrumento anterior, avaliando 64 indivíduos, sendo 42 sujeitos saudáveis e 22 sujeitos que haviam sofrido AVC. Foram encontrados resultados adequados nas análises intra e inter examinadores, além de demonstrar boa reprodutibilidade dos dados para os dois grupos estudados. A média encontrada foi de 24,7 N e os valores limites foram de 18,4 N e 31,0 N. A maior limitação desse mecanismo é a dificuldade em assegurar que a postura do paciente mantenha o cabo esticado durante toda a medição, sem que tronco ou a cabeça também exerçam movimentos (Figura 14).

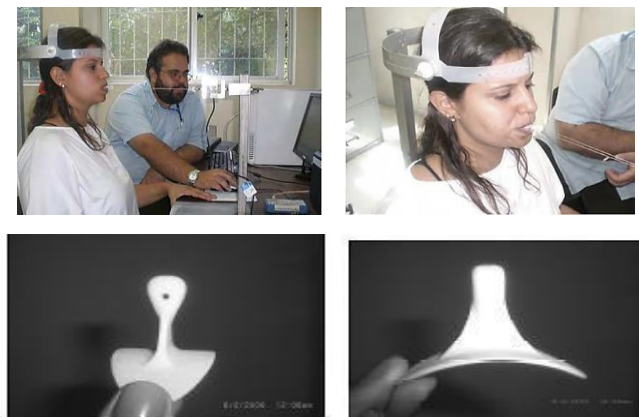
Figura 14 - Imagens do instrumento com o inserto intralabial e utilização de célula de carga fora da cavidade oral



Fonte: Hägg *et al.* (2008)

Um instrumento de análise da força objetiva labial foi desenvolvido por Perilo (2008): um protótipo composto por um **inserto intralabial** que se interligava a uma **célula de carga externa à cavidade oral** (Figura 15). A pesquisadora desta dissertação faz parte do grupo Mecbio, que desenvolve métodos e instrumentos que permitiram avaliar e quantificar as forças das estruturas orofaciais. O estudo analisou 20 mulheres de 20 a 28 anos, que não possuíam disfunções labiais e obtiveram, como média, o valor de 8,9 N e, como valores limites, 4,71 N a 20,08 N. Uma desvantagem desse mecanismo foi o fato de a análise da força dos lábios ter sido feita ao mesmo tempo e não ter sido possível mensurar separadamente o lábio superior do inferior. Outra deficiência do método foi a célula de carga ter ficado fora da cavidade oral, o que tornou imprecisa a medição da força dos lábios, pois o movimento da cabeça influenciava o valor obtido nos testes, da mesma forma que em pesquisas anteriores.

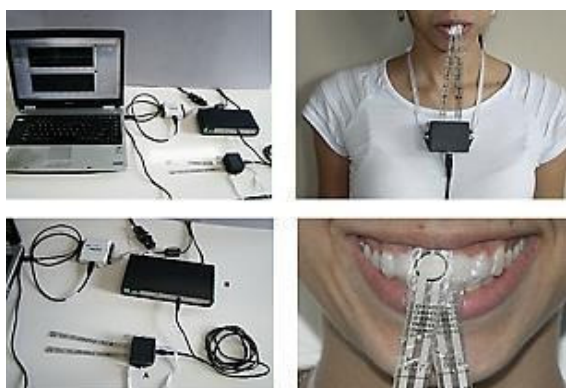
Figura 15 - Aparelho com o inserto intralabial e utilização de célula de carga externa à cavidade oral



Fonte: Perilo (2008)

A pesquisa seguinte, desenvolvida pelo mesmo grupo de pesquisa, foi elaborada por Valentim (2012), que avaliou a força do lábio superior e da língua exercida sobre o dente incisivo central superior direito de 28 indivíduos jovens sem problemas de oclusão e sem deficiências orais. Foi utilizado um sensor na face labial e outro na face lingual do incisivo central superior direito, sendo que a força labial média em deglutição foi de 0,15 N e os limites foram de 0,01 N e 0,29 N. Uma grande vantagem desse dispositivo foi que o sensor, sendo fixado diretamente na cavidade oral, não estava sujeito a interferências de movimentos da cabeça e tronco (Figura 16).

Figura 16 - Imagens do instrumento e dos sensores fixos no dente incisivo central direito



Fonte: Valentim (2012)

Perilo (2012), em sua tese, desenvolveu mais um instrumento com o grupo Mecbio, com o foco em quantificar a força do músculo orbicular da boca. A investigação mediu a força de 40 mulheres de 20 a 33 anos que possuíam selamento labial adequado. Foram utilizados quatro **sensores de força internamente à cavidade oral**, sendo dois posicionados no músculo superior e dois no inferior, que ainda foram separados situando-se um no lado direito e outro

no esquerdo. As forças máximas encontradas foram de 3,45 N a 29,96 N com média de 13,27 N e ainda se obteve os valores de força, separadamente, do lábio superior de 7,33 N e do inferior de 5,94 N, contradizendo a maioria das pesquisas que afirmavam que o valor do lábio inferior é maior do que o superior. Uma grande inovação vista neste aparelho foi a análise individualizada de diferentes partes do músculo orbicular da boca, característica extremamente relevante para os estudos com pacientes com paralisia facial ou respiradores orais (Figura 17.)

Figura 17 - Fotos do instrumento com sensores inseridos entre os lábios e dos dentes com mordedor



Fonte: Perilo (2012)

Reabilitação da força labial

A Motricidade Orofacial é uma área da Fonoaudiologia direcionada ao tratamento de alterações estruturais e funcionais da boca, da face e região do pescoço (SBFa, 2004). Com o propósito de reabilitar as funções orofaciais, o processo terapêutico divide-se em mioterapia e terapia miofuncional. A miotterapia atua diretamente no músculo específico que se quer melhorar, utilizando exercícios, enquanto a terapia miofuncional trabalha com a recuperação das funções orofaciais (TORRES; CESAR, 2019).

Para recuperar a mobilidade e coordenação da musculatura labial normalmente são utilizados exercícios de **contração isotônica** que são recomendados para favorecer a oxigenação e ampliar a mobilidade dos músculos e, por isso, são executados em um período curto, de maneira mais rápida (COUTRIN *et al.*, 2008). A **contração isométrica** tem por foco aumentar a força dos músculos, por isso é realizada mais devagar e mantendo a contração (TORRES; CESAR, 2019). Já **contração isocinética**, que inclui elementos das anteriores, caracteriza-se por contração do músculo com velocidade constante, durante o movimento (SBFa, 2004).

Os músculos orofaciais podem ser trabalhados com os três tipos de contração, porém a escolha deverá ser norteada pela necessidade e limite do paciente. Os exercícios também podem ser utilizados em um mesmo tratamento e vários autores (COUTRIN *et al.*, 2008; RAHAL, 2012; TORRES, 2019) recomendam iniciar com o isotônico, depois o isométrico, para então realizar o de contrarresistência. Essa sequência é sugerida devido à dificuldade de cada tipo de exercício, não sendo adequado solicitar que o músculo realize uma atividade que o seu tônus ainda não consiga executar, o que pode levar a movimentos compensatórios de outros músculos faciais (RAHAL, 2012).

A grande dificuldade enfrentada pelo fonoaudiólogo é conseguir que o paciente abandone os **hábitos orais deletérios**. Estes hábitos consistem em atos repetitivos envolvendo as estruturas e funções do sistema estomatognático. As alterações provocadas dependem da frequência, da intensidade e duração do hábito (SBFa, 2004). Os principais hábitos orais deletérios são a sucção de dedo e chupeta, roer unhas e atos que prejudicam diretamente os lábios, como a deglutição atípica e a respiração oral funcional. As grandes deformações orais não são ocasionadas por grandes forças esporádicas, e sim por forças atuantes lentas e contínuas. Por isso, para um adequado tratamento de reabilitação labial, são necessárias constância e grande

frequência de atividade muscular para que, além de ser restabelecida a musculatura orbicular oral, também sejam adquiridas práticas orais adequadas. Os hábitos orais deletérios necessitam de uma abordagem que englobe não só o controle mecânico do processo, mas também o controle psicológico, com a interrelação multidisciplinar, a fim de proporcionar um atendimento holístico ao paciente (SILVA, 2006).

Um amplo trabalho de investigação dos métodos, das patentes e dos produtos existentes no mercado foi realizado para detectar as melhores técnicas de reabilitação de força, a forma mais funcional e ergonômica e soluções que se adequem e possam se integrar ao novo instrumento, além de já descartar possíveis alternativas que foram testadas e não tiveram bons resultados em outros instrumentos. As próximas seções vão apresentar o resultado dessa investigação.

Método rotineiro de reabilitação labial

Atualmente, os exercícios utilizados para reabilitação do orbicular da boca, em sua maioria, continuam utilizando os tradicionais treinos com palitos, espátulas, canudos e dedo enluvado para exercitar os lábios dos pacientes. Escoura (1998) apresenta alguns exercícios tradicionais para aumentar a força dos lábios (ver Figura 18):

- Estalar os lábios
- Protruir (fazer um bico com os lábios)
- Retrair
- Lateralizar
- Utilizar haltere labial
- Segurar espátula entre lábios protruídos
- Segurar espátula entre lábios em repouso

Figura 18 - Exemplos de exercícios de reabilitação dos lábios



Fonte: Próprio autor

Embora estes exercícios e instrumentos sejam acessíveis e de baixo custo, eles não seduzem ou estimulam a prática da terapia labial. As atividades são exaustivas e repetitivas, o que acarreta baixa eficiência e efeito muito lento do tratamento. Por isso, se faz necessário encontrar novos instrumentos ou técnicas que motivem e interajam com os usuários.

González *et al.* (2009) pesquisaram 52 crianças de 9 a 12 anos em tratamento de mioterapia com incompetência dos músculos labiais e que apresentavam mordida aberta. Foram empregados os seguintes exercícios para os lábios: (1) extensão do lábio superior, que era realizada alongando o lábio superior e posicionando esse para dentro da boca com o lábio inferior pressionado e (2) extensão do lábio superior com os dedos indicador e polegar para fora e para baixo. Esses exercícios eram realizados em 15 minutos, três vezes ao dia, todos os dias da semana, por um período de um ano. Este estudo concluiu que a mioterapia labial foi eficaz para aumentar a força do lábio superior e reduzir a mordida aberta sem precisar de aparelho ortodôntico.

Pérez e Moreno (2006) verificaram 36 crianças, sendo 30 com síndrome de Down e os outros seis com cromossomopatias, que apresentaram deficiências orais. Um dos exercícios sugeridos foi beber em um canudo e soprá-lo sobre algumas velas e bolinhas pesadas. O maior foco dessa pesquisa foi orientar os pais, pois, embora as crianças recebessem entre duas e três horas de tratamento semanal, eram os pais que acompanhavam o processo para a reprodução em casa e assim, haveria maior eficácia da terapia.

Pérez *et al.* (2005) analisaram 90 crianças entre 6 e 8 anos, com selamento labial incompetente, as quais receberam terapia miofuncional durante seis meses de tratamento. No final da pesquisa, verificou-se grande avanço da força média, em quase o dobro do valor inicial e, ainda, verificou-

se grande avanço na aplicação da terapia miofuncional em grupo, o que propiciou maior estímulo e colaboração dos pacientes.

Hanson (1978) ponderou sobre a terapia miofuncional, pontuando que, dos pacientes que concluem o tratamento com sucesso, 80 a 90% conseguem manter posteriormente hábitos orais adequados. Do restante de pacientes que não obtiveram êxito na terapia, os principais motivos descritos foram: (1) oclusões quase normais de longa data; (2) atitudes negativas; (3) padrões de hábitos predominantemente normais; (4) desordens mentais ou psicológicas e (5) pais não cooperantes.

Já Rahal (2012) especificou os passos necessários para se conseguir um resultado positivo na terapia miofuncional. O primeiro é a conscientização do paciente, que toma ciência do seu problema e de quais funções orofaciais estão alteradas. Em sequência, é a percepção do que ele faz errado e pode tentar corrigir. Posteriormente, é a execução de exercícios com foco ainda na percepção do movimento e, por último, o trabalho de automatização da função corrigida. A autora também aborda a necessidade de se perceber que cada paciente é único, com deficiências específicas e que nunca se deve generalizar os mesmos exercícios para todos os pacientes.

Na literatura científica, são escassas as informações sobre treinamento muscular labial e acanhados os artigos que analisam os protocolos de reabilitação (LYONS, 1993; JARDINI, 1999; KORBMACHER *et al.*, 2004; FERREIRA *et al.*, 2011). Também não existe consenso sobre os parâmetros para se definir a escolha dos exercícios e quais os melhores protocolos a serem utilizados para reabilitar cada deficiência labial.

O tratamento fonoaudiológico para reabilitação da força e da mobilidade dos lábios requer o treino de uma série de exercícios, que devem ser realizados, não somente durante as sessões de terapia, mas também em casa, durante toda a semana, se possível mais de uma vez ao dia, para que se chegue ao resultado esperado da melhor maneira e o mais rápido possível. Porém, a assiduidade e a continuação do tratamento requerem um interesse por parte do paciente e da família, o que muitas vezes não ocorre devido aos exercícios tradicionais (protrusão, retração, utilização de dedo enluvado, canudos, espátulas, etc.) serem considerados exaustivos e repetitivos, principalmente para o público infanto-juvenil, o que eventualmente, compromete a evolução do tratamento. Sendo assim, é importante que se tenha disponível um aparelho que torne esse momento mais agradável, rápido e ao mesmo tempo eficiente, o que é conseguido

associando a terapia a um evento lúdico, e essa é a proposta do novo instrumento de reabilitação labial.

Dispositivos de terapia labial

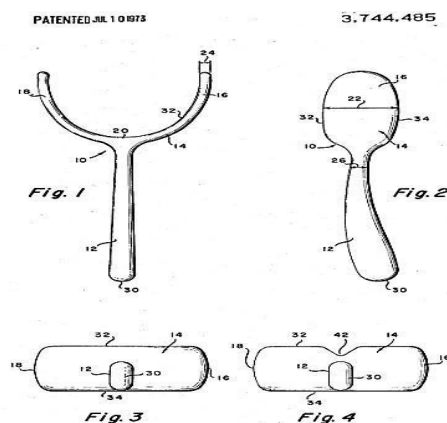
Para a conceituação da forma do novo instrumento de reabilitação labial, foram estudadas diferentes patentes registradas pelo mundo e produtos disponíveis no mercado atual. As patentes descritas abaixo estão apresentadas em ordem cronológica.

A busca por dispositivos patenteados teve foco na elaboração de um instrumento anatômico-funcional para reabilitação da força do músculo labial associado a jogos digitais, e, para isso, contempla a importância da exploração das patentes como fonte de informação tecnológica, já que os bancos de dados favorecerem a extração de formas e funcionalidades das invenções registradas. Essa dissertação pretende conhecer os aspectos de aprimoramento e desenvolvimento tecnológico existentes, por meio de uma revisão bibliográfica e pesquisa de produtos disponíveis no mercado atual e, no próximo capítulo, estabelecer parâmetros de forma e ergonomia para a inovação do aparelho de terapia dos lábios.

Para o levantamento das patentes, foi utilizado o banco de dados WIPO (EUA) e ESPACENET (Europeu), que incluem escritórios de dezenas de países desde Estados Unidos, França, Holanda até Coreia e o Japão. Para tornar todas as patentes pesquisáveis nestes bancos de dados foram aplicadas as traduções nas patentes que não estavam em Português, Espanhol ou Inglês. Para complemento do conteúdo, foram pesquisadas publicações no banco de patentes do INPI (Brasil) para se adquirir soluções locais de reabilitação labial.

Worthy (1971), com o registro da patente US3744485A, desenvolveu nos Estados Unidos um dispositivo de exercício para a área dos lábios e bochecha, adaptado para ser introduzido na boca e encaixado no espaço entre os dentes do usuário e a área interna dos lábios. Na Figura 19, mostra-se o instrumento, que consiste em uma alça conectada a um flange em forma de U que permite movimento manual para dentro e para fora da boca, assim, exercitando a musculatura da área do lábio e da bochecha e atuando em contrarresistência à força executada. Foi descrito como público alvo dessa invenção pessoas que desejassem exercitar os músculos da face para melhorar a estética do rosto.

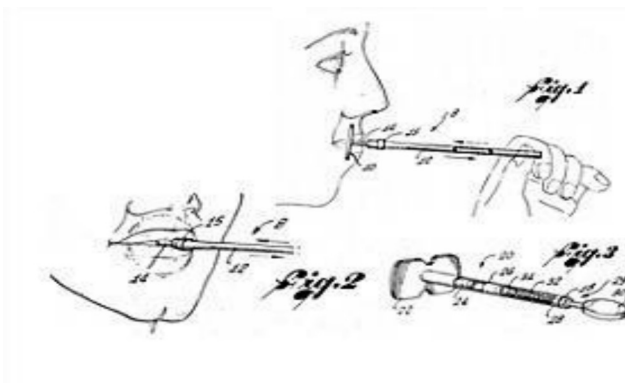
Figura 19 - Dispositivo de exercício para a área dos lábios e bochecha



Fonte: Worthy (1971)

Wright (1972), com dispositivo registrado com o número US3805771A, concebeu um exercitador muscular facial, compreendendo um disco (bocal) inserível entre os dentes e os lábios e um membro resiliente (haste) afixado ao disco por uma das extremidades. Os movimentos da haste fazem com que o disco exerça pressão intermitente contra os lábios. Isto é possível porque o membro resiliente possui um êmbolo carregado por mola que pode ser comprimida e descomprimida, Figura 20. O objetivo descrito para este instrumento é fortalecer e enrijecer o músculo orbicular da boca e, o público alvo, homens e mulheres que desejam retardar ou minimizar a formação de rugas na área dos lábios.

Figura 20 - Desenhos representando o exercitador muscular facial

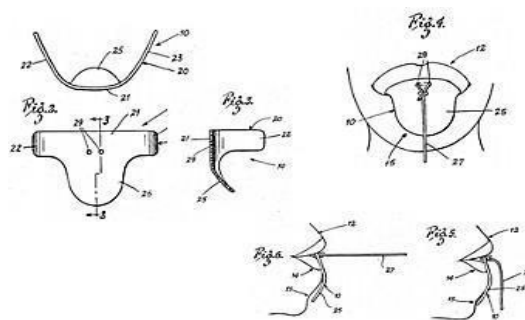


Fonte: Wright (1972)

Robertson (1974) propôs um exercitador que se encaixa na boca entre o lábio e os dentes superiores ao longo do arco maxilar, Figura 21. Este dispositivo possui comprimento suficiente para tornar possível reter o instrumento na posição adequada em relação ao músculo orbicular da boca. Também possui uma porção do dispositivo, em forma de língua, que se estende para

baixo para sinalizar a utilização indesejada do músculo mental, pois este normalmente se sobressai tentando compensar a falta de força do músculo labial. O foco descrito para este produto são crianças e adultos com o lábio superior hipotônico, cuja condição é caracterizada por um lábio superior curto e muito fraco.

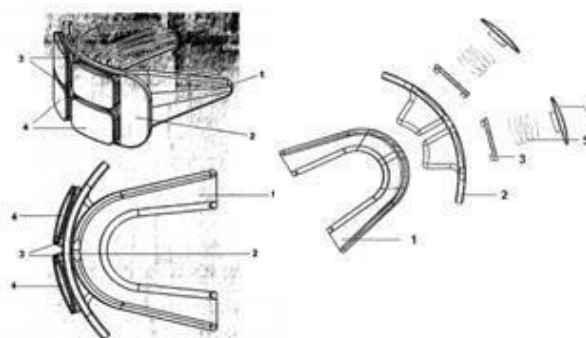
Figura 21 - Vistas do exercitador muscular labial



Fonte: Robertson (1974)

No Brasil, Perilo *et al.* (2010), com o registro PI 1005052-3, desenvolveu um aparelho para avaliar e treinar a força dos lábios humanos, que é indicado para pacientes com alterações na tonicidade desse órgão. Esse aparelho avalia de forma simples e objetiva a força em diferentes pontos do músculo orbicular da boca e possibilita a realização de um treinamento muscular dos lábios. O instrumento consiste em um mordedor, peça base que é encaixada entre os lábios e os dentes e peças de aplicação e recepção da força dos lábios, ver na Figura 22.

Figura 22 - Imagem do aparelho para avaliar e treinar a força dos lábios

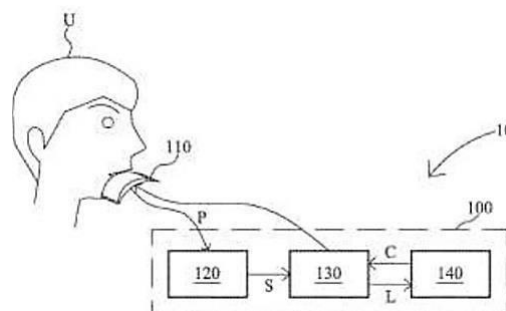


Fonte: Perilo (2010)

A próxima patente foi criada em Taiwan pelo Yuan-Hsiang em 2012, com registro TW201338759A. Ele formulou um aparelho para detectar a força de fechamento dos lábios (110), e mencionou essa aplicação para treinar e avaliar, durante o tratamento, as desordens da articulação temporomandibular, de acordo com a força de fechamento dos lábios do usuário. O

aparelho também pode ser usado como ferramenta de treinamento monitorado e mensuração da força labial antes, durante e após a reabilitação. Na Figura 23, o aparelho inclui um saco de ar (140), uma unidade de detecção de pressão (120) e um módulo de micro controlador (130).

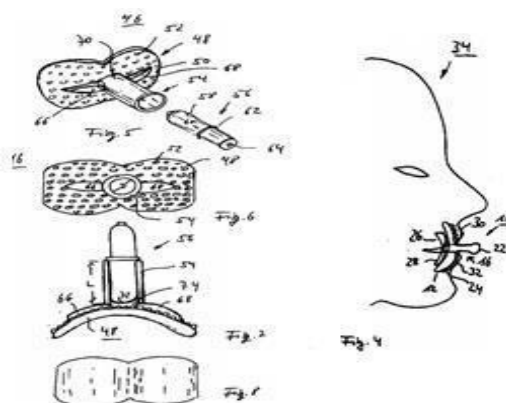
Figura 23 - Desenho esquemático do aparelho para detectar a força de fechamento dos lábios e seu método



Fonte: Yuan-Hsiang (2012)

Richter (2012), com registro US20140100498A1, idealizou um dispositivo para ativação dos músculos da boca e/ou lábios, que consiste em um bocal inserido entre os lábios e os dentes de um usuário para exercitar o músculo orbicular da boca. Para ampliar o uso do dispositivo e melhorar seu efeito, o bocal é configurado como um vibrador ativo gerando vibrações mecânicas, Figura 24. Essas vibrações são transmitidas para o bocal por meio de uma espiral de arame ou rede. O vibrador é energizado por uma bateria embutida. A bateria está localizada na peça de extensão que se projeta da boca e está conectada a um interruptor liga e desliga.

Figura 24 - Imagens técnicas do dispositivo de ativação dos músculos orais

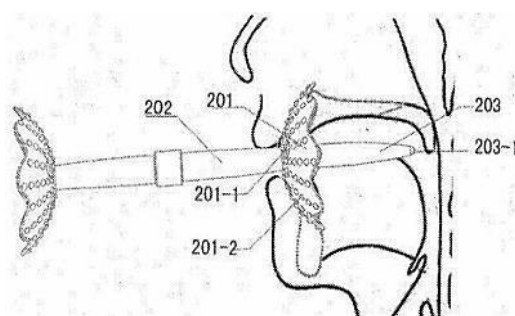


Fonte: Richter (2012)

Uma patente foi desenvolvida na China por 不公告发明人 em 2014, com identificação CN108992309A, e apresentou um dispositivo com uma haste e duas peças em formato de "guarda-chuva" nas extremidades da haste (Figura 25). Uma estrutura em forma de guarda-

chuva e uma lingueta, feita de material elástico, constituem a porção intraoral do instrumento. O treino consiste em encaixar os lábios nas extremidades da estrutura em forma guarda-chuva e abrir e fechar a boca, movimentando a mandíbula. Também a língua pode ser exercitada com movimentos para cima, para baixo, para a esquerda e para a direita, com o objetivo de fortalecer este órgão. O foco descrito é estimular o reflexo da deglutição, treinando a capacidade de selamento dos lábios e ativando o grupo muscular oral. A aplicação descrita no documento é auxiliar no treino oral no campo da disfagia e reabilitar desordens da fala, sendo usado para impedir que os grupos musculares da deglutição sofram atrofia.

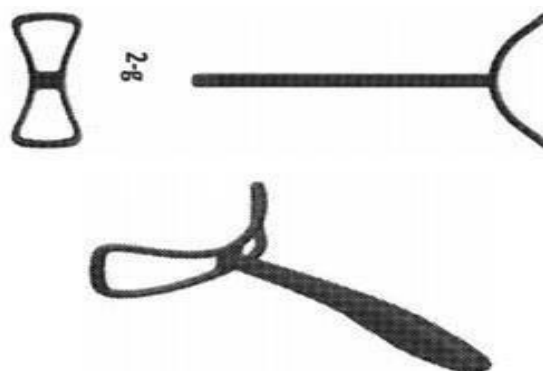
Figura 25 - Esquema do aparelho de treinamento oral multifuncional



Fonte: 不公告发明人(2014)

Djupvik *et al.* (2015), com registro WO2017014646A1, inventaram um dispositivo para o treino da musculatura oral, compreendendo um bocal que tem pelo menos uma abertura e uma alça, Figura 26. Para usar o dispositivo, o bocal é colocado entre os lábios e os dentes, a alça se estende para fora da boca e pode ser usada para manter o aparelho na posição desejada pelo usuário ou terapeuta. Durante o treinamento, a alça também pode ser puxada em várias direções, dependendo do efeito desejado. O problema a ser resolvido pela invenção é fornecer um dispositivo para o treinamento da musculatura oral que permita que os músculos trabalhem ativamente sem formar um vácuo na boca. O público alvo são pessoas com tônus muscular reduzido (hipotonia), ou com distúrbios do desenvolvimento neurológico e funcional que causem mau uso dos músculos orais.

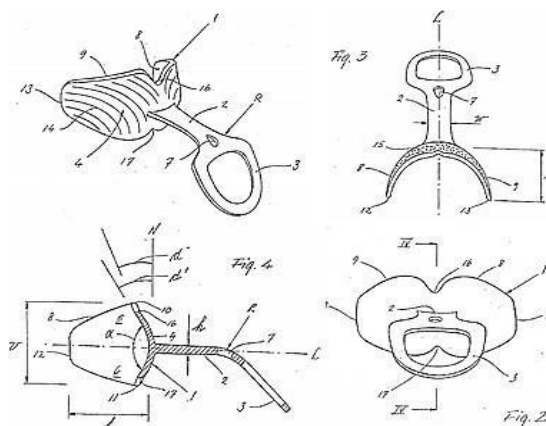
Figura 26 - Vistas do dispositivo para treinamento da musculatura oral



Fonte: Djupvik *et al.* (2015).

Mary (2016), com identificação US2016030802, elaborou um dispositivo para utilização terapêutica e, mais especificamente, referiu-se a uma tela oral que fosse útil em treinamento para recuperação e melhoria de forças musculares da face, boca e garganta, Figura 27. O dispositivo consistiu em uma tela rígida que foi inserida atrás dos lábios superiores e inferiores da boca de um usuário e uma alça anexada à tela para movimentar para frente e para trás os músculos labiais. O foco seria pacientes com problemas na deglutição, expressão facial, salivação, fala e ronco.

Figura 27 - Detalhamento técnico do dispositivo para treinamento dos músculos da face, lábios e garganta

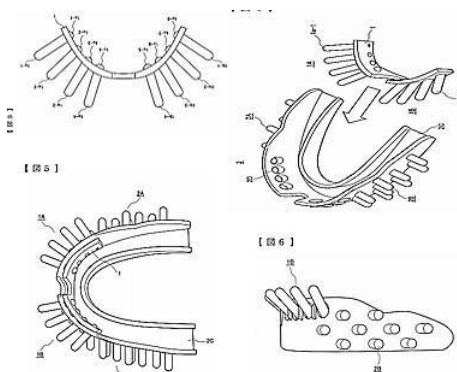


Fonte: Mary (2016)

No Japão, 株式会社 G s 商事 em 2017, com patente JP6265298B1, criou um dispositivo com cerdas arredondadas para treinar os músculos faciais e que também massageasse o lado interno da cavidade oral, melhorando a circulação sanguínea e relaxando os músculos, Figura 28. As depressões na parte frontal do bocal do lado superior da mandíbula possibilitam encaixar o

bocal nos dentes superiores, estendendo a mucosa nasolabial, de modo a mover o lábio na vertical e na horizontal, a partir do interior, pressionando principalmente o canto da boca. O público alvo descrito para esta invenção são indivíduos que desejam exercitar a musculatura oral para reduzir o sulco nasolabial.

Figura 28 - Imagens do equipamento de montagem intraoral



Fonte: 株式会社 G s 商事 (2017)

Hoje no mercado existem alguns instrumentos voltados para auxiliar na reabilitação do músculo orbicular da boca, que também trarão significativa expansão dos conhecimentos sobre os produtos de terapia para os lábios. Os dispositivos que serão tratados a seguir são alternativas atuais disponíveis para comercialização.

O Exercitador Labial Pró-Fono®, desenvolvido pela fonoaudióloga Renata Jardim, consiste em duas bases plásticas unidas por hastes de fio de aço, com uma helicoidal (efeito mola) na metade de cada fio de aço (Figura 29). As bases são introduzidas nos lábios superior e inferior e as hastes de aço ficam externas à boca. O paciente abre e fecha a boca, fazendo força com ambos os lábios, tentando fechar totalmente as duas bases. O problema desse instrumento consiste em que o vedamento labial tem que ocorrer na linha média horizontal da oclusão dentária, não sendo adequados desvios da linha mediana ao abrir e fechar a boca, para que não ocorra um esforço maior em um dos lábios. Além disso, deve-se ter cuidado com uma pressão excessiva para que não haja sobrecarga na articulação temporomandibular (JARDINI, 1999).

Figura 29 - Foto do Halter Labial Pro-Fono®



Fonte: <https://profono.com.br/loja/exercitador-labial/>
disponível em 5/06/19

O *Lip Trainer*, da empresa Myoreserch®, foi projetado para melhorar e proporcionar selamento labial, fortalecendo e esticando os músculos labiais (Figura 30). O aparelho é colocado entre os lábios e os dentes na região vestibular, tanto superior quanto inferior, e permite que o paciente puxe em várias direções e possibilite treinamento do orbicular da boca. É indicado para respirador oral e para aqueles que apresentam alterações da postura habitual de lábios, fraqueza no tônus labial e encurtamento do lábio superior.

Figura 30 - Imagem do Lip Trainer Myoresearch®



Fonte: <http://myoresearch.com/> disponível em 6/06/19

O Haltere Labial da marca Pró-Fono® foi desenvolvido pela fonoaudióloga Elisa Altmann e é vendido o kit com três halteres labiais (40 gf, 60 gf e 100 gf). Consiste em um produto retangular fino no meio e com pesos em suas extremidades (Figura 31). Este instrumento deve ser colocado entre os lábios e, logo após, solicitado que o paciente faça um pequeno bico sustentando as extremidades. O peso do haltere e o período de retenção devem ser aumentados aos poucos, progressivamente, de acordo o comportamento de cada paciente. A utilização do haltere

indevido pode ocasionar movimentos compensatórios, fadiga muscular dos lábios e até protrusão da mandíbula.

Figura 31 - Foto do Halter Labial Pro-Fono®



Fonte: <http://www.profono.com.br/>, disponível em 7/06/19

O Myotalea TLJ, da Myoreserch®, criou um aparelho para fortalecer os músculos da língua, lábios e mandíbula. Deve-se colocar o aparelho na cavidade oral e o exercício consiste em pressionar os músculos orbiculares, comprimindo-os, sendo que o fortalecimento muscular é ocasionado pela abertura e fechamento dos lábios. É recomendado para pacientes em terapia miofuncional de respiração, ver Figura 32.

Figura 32 - Imagem do Myotalea TLJ Myoresearch



Fonte: <http://myoresearch.com/>, disponível em 5/06/19

Jogos computacionais para reabilitação

Os jogos em que o objetivo não é puro entretenimento são chamados de “*Serious Games*”, um tipo de jogo interativo com a finalidade de transmitir uma ideia educacional ou de treinamento

do usuário. Os mesmos, projetados em um ambiente virtual, podem proporcionar o aprendizado do jogador em uma específica atividade, por isso é que a implementação desses jogos está em grande expansão na área de reabilitação (RODRÍGUEZ *et al.*, 2019). Os “Jogos Sérios” são modelos de mediadores que possibilitam ao utilizador atenção, imersão, conhecimento funcional, autocontrole, definição de objetivos, tomada de decisão, autoeficácia, motivação interna e os sentimentos de competência e autonomia (THOMPSON *et al.*, 2008).

Por muitos anos, os jogos eletrônicos foram relacionados ao sedentarismo, ociosidade e inatividade corporal, porém, com o avanço tecnológico, que propiciou o surgimento de sensores de movimento nos aparelhos, fez-se possível uma relação mais ativa entre o jogo e o jogador. Videogames como o Nintendo Wii e Xbox 360 surgiram para revolucionar o mundo dos jogos, fazendo com que os jogadores fossem incitados a se exercitar (INCA, 2013).

Os jogos de *videogames* conquistaram um grande espaço na vida de crianças, jovens e adultos e, na atualidade, constituem um dos setores que mais se destaca na indústria de mídia e entretenimento (SOUZA, 2011). De acordo com Fardo (2013), a inserção dos *games* em diversas áreas, e principalmente na área da saúde, se deve à grande aceitação e popularidade dos jogos. Nos Estados Unidos, a grande maioria da população opera algum tipo de aparelho que roda jogos comerciais (FARDO, 2013) e, no Brasil, em 2018, havia 75 milhões de jogadores, 35% da população nacional.

A **gameterapia** é o método que utiliza os “Jogos Sérios” no auxílio à recuperação dos usuários em tratamento da saúde, como em sessões terapêuticas ocupacionais, neurológicas, ortopédicas e fisioterapêuticas (BASTOS *et al.*, 2017). Os jogos digitais apresentam-se como um crescente recurso motivacional para pacientes em reabilitação e promovem o aumento da adesão de jovens e crianças ao tratamento. Os autores Johnson (2006) e Mirelman *et al.* (2009) informam que os jogos computacionais para recapacitação estão sendo cada vez mais explorados nos programas de treinamento motor. A interação cognitiva com jogos configura um modo efetivo para fortalecer programas de reabilitação, não somente pelo estímulo animador, mas também por propiciar um sistema de aprendizado eficaz com base no “reforço positivo”, isto é, quando o movimento é corretamente executado, alcança-se o patamar desejado. Esse sistema de recompensas beneficia o desbloqueio das ações e garante satisfação, favorecendo ainda a receptividade a alterações no tratamento, além de proporcionar a multiplicação das capacidades (SCHMID, 2009).

Normalmente, tratamentos relacionados à Fisioterapia ou reabilitação muscular são longos e repetitivos ocasionando a desmotivação e infrequência dos pacientes, o que interfere na eficiência terapêutica, suscitando até a desistência do tratamento. As inovações tecnológicas da gameterapia ultrapassam essas dificuldades utilizando a interatividade dos ambientes virtuais e aperfeiçoando ainda mais as técnicas de tratamento (BALISTA, 2013).

Uma grande vantagem da gameterapia é a possibilidade de ser feita em domicílio, devido à disponibilidade de programas gratuitos ou de baixo custo (MAIA *et al.*, 2013) e ainda possibilitar a implementação de *biofeedback* dos exercícios. O usuário recebe *feedback* visual do que está fazendo no jogo e com isso, consegue perceber se o movimento, força e sustentação estão adequados, em tempo real (RODRÍGUEZ *et al.*, 2019). O *biofeedback* para o paciente, além de fornecer informações quanto ao correto movimento, também proporciona ao profissional, por meio de protocolos pré-definidos, um maior controle da atividade realizada, sem necessitar da sua constante presença.

Os jogos digitais para a terapia fonoaudiológica permitem um tratamento diferenciado e personalizado para os pacientes. Evidencia-se que esses pacientes são jovens e crianças que estão se desenvolvendo em um ambiente cheio de tecnologias, dentre elas, o celular, o *tablet* e o computador. As mídias eletrônicas hoje integram a rotina de grande parte das crianças e jovens, sendo que seu uso na terapia miofuncional orofacial é incentivador e empolgante para os usuários com disfunções a serem trabalhadas e inevitável para os profissionais de Fonoaudiologia. A utilização das mídias eletrônicas facilita a receptividade no contato com um instrumento terapêutico e permite diversos artifícios que aumentam o desenvolvimento global e a atuação específica sobre as patologias dos usuários (SOUSA, 2011).

Apesar de diversos avanços tecnológicos em fisioterapia muscular, as pesquisas voltadas às terapias fonoaudiológicas ainda requerem maiores investimentos e amplo desenvolvimento para atingir níveis tecnológicos de ponta. Em seguida, serão apresentados trabalhos com o desenvolvimento de “Jogos Sérios” e/ou aplicativos para a Fonoaudiologia. Foram encontrados somente 11 programas com intuito de auxiliar na avaliação e na reabilitação fonoaudiológica, como mostra o Quadro 1 com o resumo dos *softwares* encontrados.



Quadro 1 - Softwares para terapias fonoaudiológicas

Softwares	Objetivo	Meio de interação	Público
1 C -VIC ¹	Terapia da competência linguística devido a dano cerebral	Mouse	Adultos
2 Fonoflex ¹	Aprendizagem da linguagem oral e escrita	Estímulos auditivos e mouse	Crianças
3 Motrasis ²	Auxiliar na avaliação e terapia de motricidade orofacial (língua, bochechas e lábios)	Mouse e teclado	Todas idades
4 Imago Ana Vox ¹	Facilitador da comunicação de pessoas com deficiências motoras graves (paralisia cerebral, esclerose lateral amiotrófica)	Teclado	Adultos
5 Pedro na casa mal assombrada ²	Jogo de percepção auditiva de forma contextualizada	Estímulos auditivos e mouse	Crianças
6 Logofone ¹	Facilitador na comunicação de surdos para surdos e ouvintes	Microfone e teclado	Adultos
7 Schatzoekers*	Jogo de estímulo da linguagem oral	Fone de ouvido e mouse	Crianças
8 Training with Phonak*	Jogo de audição e estímulo da fala	Microfone e teclado	Crianças
9 Note Vox ¹	Comunicação de pessoas com dificuldades vocais	Microfone e teclado	Adultos
10 VoxGames ²	Jogo de estímulo para melhoria na voz e fala	Microfone e teclado	Crianças
11 T-Station*	Jogo de mobilidade da língua	Aparelho criado para terapia da língua	Crianças

¹ Fonte: SILVA, OLIVEIRA (2003)

² Fonte: [http:// ctsinformatica.com.br/fonoaudiologia.html](http://ctsinformatica.com.br/fonoaudiologia.html)

* Fonte descrita no decorrer do texto

-  Softwares com jogos digitais
 Software de terapia labial

Fonte: Próprio autor

Visto que o objetivo do instrumento a ser desenvolvido será a terapia labial associada a jogos digitais, será feito o aprofundamento somente dos seis *softwares* que atendem ao foco dessa pesquisa, destacados no Quadro 1. Cinco destes aplicativos possuem características de jogos com aspectos lúdicos, personagens e metas a serem alcançadas, mas nenhum destes jogos é direcionado para terapia dos lábios. Somente o “**Motrasis**” pode ser utilizado para avaliação e reabilitação labial, mas não pode ser considerado um jogo computacional e sim uma ferramenta auxiliar de reabilitação.

Oliveira (2015) analisou o programa “**Motrasis**” como método de avaliação e reabilitação da motricidade orofacial, sendo o único que possibilita a terapia labial. Refere-se a um software de ferramenta terapêutica que promove a execução de exercícios isotônicos e isométricos e, por meio de vídeos, viabiliza o registro do aspecto de mobilidade propiciando o desenvolvimento de protocolos de pesquisa em Motricidade Orofacial. Este software possibilita a exemplificação dos movimentos dos órgãos e o registro, em vídeo, da execução, utilizando uma *webcam* e garantindo, assim, o *feedback* ao paciente (Figura 33). Porém é possível verificar que pouco se distingue da execução dos exercícios na clínica fonoaudiológica, pois os aspectos repetitivos e

monótonos continuam a ser executados, sem nenhum entretenimento recreativo que possa interagir com o paciente.

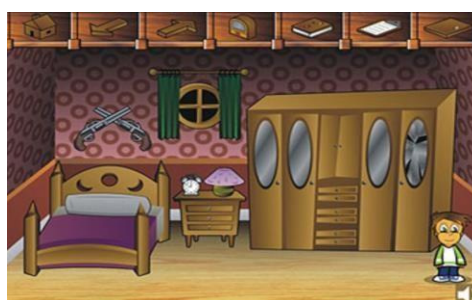
Figura 33 - Captação da imagem do software “Motrisis”



Fonte: Oliveira (2015)

Santos *et al.* (2006) desenvolveram um jogo como recurso terapêutico denominado “**Pedro na casa mal-assombrada**”, com o intuito de auxiliar na evolução das habilidades de compreensão auditiva. O *software* possui oito atividades que abrangem diversos padrões verbais e não verbais, com o treinamento de habilidades auditivas. O público alvo é o infantil e a forma de interação com o usuário é utilizando estímulos auditivos verbais e o mouse. A Figura 34 mostra o ambiente de um dos jogos em que o usuário escuta sons verbais com graus de semelhança aos sons de consoantes, vogais, sílabas e palavras da língua portuguesa. O estímulo do jogo é diferenciar dois sons acusticamente parecidos, objetivando incentivar e aguçar a fonologia e a fonética. A progressão no tratamento cresce à medida que mais sons são ouvidos, sendo estes exercícios para pacientes com déficits de decodificação auditiva.

Figura 34 - Imagens do jogo “Pedro na casa mal-assombrada”



Fonte: Santos *et al.* (2006)

Ganzeboom *et al.* (2016) elaboraram uma pesquisa destinada a desenvolver um sistema que combina “jogos sérios” com a tecnologia de reconhecimento automático de fala. Esse programa visou fornecer o *feedback* sobre a qualidade da fala durante o treinamento para melhorar a inteligibilidade dos sons. O jogo desenvolvido é chamado “**Schatzoekers**”, ou seja, “Caçadores

de tesouros”. É um jogo cooperativo para dois jogadores, no qual os usuários conversam entre si, por meio de uma conexão de áudio e precisam se ajudar para encontrar o tesouro e a chave para abri-lo (Figura 35). Os jogadores conversam entre si usando o fone de ouvido e obtêm *feedback* sobre a sonoridade e a voz do jogo, especialmente quando estão acima ou abaixo dos limites especificados. Isso é indicado por uma barra, que fornece *feedback* em tempo real, enquanto o paciente está falando e mostra uma cor verde, laranja ou vermelha quando a intensidade da fala do paciente está dentro, próximo ou abaixo do limite, respectivamente. Quando a intensidade é inadequada, uma notificação desliza por baixo da barra, instruindo para "falar alto" ou "falar baixo". O objetivo terapêutico do jogo é motivar os indivíduos a usar a fala contínua e manter níveis predefinidos de intensidade.

Figura 35 - Imagens do jogo “Schatzoekers”



Fonte: Ganzeboom *et al.* (2016)

Cano *et al.* (2015) criaram um software chamado de “**Training with Phonak**” para ajudar o processo de reabilitação na aquisição de habilidades auditivas. Este jogo consiste em um conjunto de atividades para audição e aquisição da fala da criança, utilizando o autofalante e microfone para *tablets* Android. Os principais aspectos da voz trabalhados são a detecção, o controle de intensidade e o controle da respiração. O jogo recria uma história por meio do personagem chamado Phonak (Figura 36), que se perdeu em um planeta e precisa aprender a ouvir para encontrar sua família. À medida que Phonak progride nesses níveis, ele desenvolve habilidades que o ajudarão a adquirir o poder de ouvir e se comunicar. Ele terá que viajar por cada planeta e lidar com situações que lhe permitam adquirir habilidades relacionadas à detecção, discriminação, identificação, reconhecimento e compreensão auditiva.

Figura 36 - Interface principal do jogo “Training with Phonak”



Fonte: Cano *et al.* (2015)

Sousa (2011) pesquisou o jogo digital “VoxGames” que tem como objetivo propiciar uma melhor emissão e controle da voz. Este jogo digital possui ótima interação com os personagens que são controlados por meio da voz, modificando seu posicionamento de acordo com a variação vocal do jogador. Tem como finalidade proporcionar melhor produção e controle dos seguintes parâmetros vocais: tempo de fonação, frequência com alternância de graves e agudos, intensidade do som como forte-fraco. O fonoaudiólogo deve orientar o paciente sobre como controlar a intensidade, o que é visivelmente detectado por meio da resposta em tempo real. Por exemplo, o jogador controla o “voo da bruxa” aumentando ou diminuindo a intensidade de sua voz (Figura 37).

Figura 37 - Captação do jogo “VoxGames”



Fonte: Souza (2011)

Furlan (2015), integrante também do grupo Mecbio e coorientadora deste trabalho, propôs em seu doutorado um método alternativo para reabilitação da força da língua utilizando jogos digitais. A grande inovação dessa pesquisa consiste em que, além do desenvolvimento dos jogos, criou-se um aparelho de reabilitação da língua associado a estes. Este novo instrumento de terapia funciona como um “joystick” em que a língua controla a direção (para cima, para baixo, para direita e para esquerda) dos objetos nos jogos digitais, trabalhando assim a

mobilidade e a força da língua (Figura 38). Na validação desse método, as respostas foram positivas para o conforto e divertimento do grupo de estudo.

Figura 38 - Imagens do aparelho e do jogo desenvolvidos por Furlan (2015)



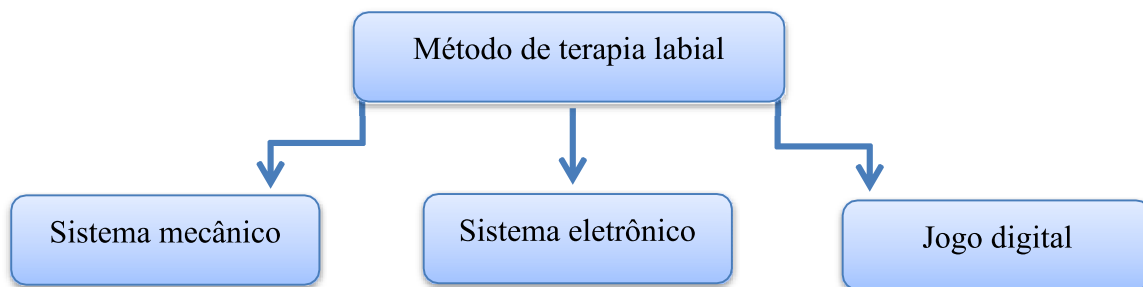
Fonte: Furlan (2015)

Como pode ser visto, existem poucos softwares no mercado e bibliografias acadêmicas com programas para ferramentas de Motricidade Orofacial, mas, sobretudo, nenhum jogo direcionado especificamente para a reabilitação da força labial. Isto se deve à não existência de um dispositivo que possa exercitar os lábios e que ainda converta a força em movimento nos jogos computacionais. No entanto, há enorme carência de um instrumento que restabeleça e tonifique a musculatura labial utilizando a interface digital para motivar o paciente e conquistar melhores resultados.

3 Desenvolvimento do método de reabilitação da força labial

Toda a pesquisa realizada visou ao desenvolvimento de um novo método de terapia labial, que é composto por três sistemas: o instrumento mecânico, outro eletrônico com sensores e placa e o jogo digital (Figura 39).

Figura 39 - Esquema do desenvolvimento do novo método de terapia labial

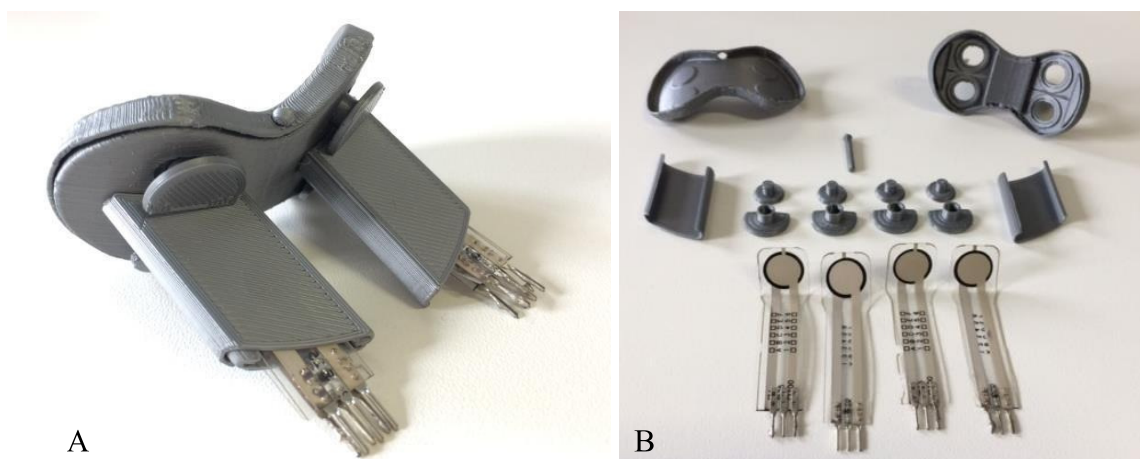


Fonte: Próprio autor

Sistema mecânico

Um dos grandes anseios do grupo de Biomecânica é que o novo instrumento de terapia labial não fosse produzido artesanalmente para que não ficasse restrito somente a esta dissertação e pudesse ser produzido em uma escala maior. A ideia é que a nova invenção fosse difundida para diversas clínicas fonoaudiológicas em todo Brasil e ainda alcançasse as residências de grande número de pacientes, que necessitam realizar a terapia labial em seu domicílio. A Figura 40 apresenta o instrumento desenvolvido, com suas peças montadas e desmontadas.

Figura 40 - Sistema mecânico. A) Montado. B) Desmontado



Processos de injeção

A criação do novo instrumento teve, como princípio, ser produzido utilizando o processo de injeção que viabiliza uma grande tiragem de peças com um valor unitário baixo. Este processo industrial permite produzir pequenas peças com finas espessuras e possibilita o encaixe entre as peças, devido ao elevado controle de tolerância, tanto dimensionais quanto geométricos.

Esse processo de produção facilita a elaboração de formas orgânicas e anatômicas que se adaptem à cavidade oral, visto que o termoplástico apresenta alta viscosidade a temperaturas elevadas, possibilitando a conformação e moldagem do material.

Na injeção de termoplásticos, a temperatura do polímero é elevada mediante a máquina injetora, que possui um bico para injeção conectado ao molde, no qual o material granulado é introduzido. O polímero é rodeado de resistências às altas temperaturas que fundem o material e injetam-no nos canais do molde que, à alta pressão, concede a forma ao plástico. O resfriamento das fôrmas é realizado utilizando água gelada depois da conformação do material (CORDEBELLO, 2002). Logo após, a expulsão das peças na matriz injetora, um novo ciclo de injeção começa a ser realizado. A duração de um ciclo é de alguns segundos a centésimos de segundo, dependendo da máquina e do produto produzido (SILVA, 2012).

Apesar do valor unitário das peças serem baixos, o preço da matriz injetora é elevado e apenas será possível confeccioná-la quando já existir um meio de disponibilização do novo instrumento no mercado.

Prototipagem rápida

Pensando na execução do protótipo do novo aparelho e na viabilização de uma pequena tiragem dos instrumentos de terapia labial para testes de funcionalidades, o projeto será confeccionado no processo de prototipagem rápida, utilizando uma impressora 3D que, neste caso, manipulará polímeros em filamentos, com resultados muito semelhantes ao original injetado.

A prototipagem rápida é uma tecnologia com um extraordinário potencial de aplicação nos vários setores industriais (LINO; NETO, 2003). A grande receptividade desse processo deve-se à agilidade na obtenção dos protótipos estéticos e/ou funcionais, nos diversos materiais e variadas complexidades, possibilitando identificar defeitos ou erros no projeto logo no início de sua concepção, quando os custos de desenvolvimento ainda são pequenos, e reduzindo o tempo de elaboração de novos produtos (FOGGIATTO, 2006).

Materiais do novo instrumento

Os polímeros são materiais facilmente injetáveis e possibilitam o descarte do instrumento de terapia labial. Essa descartabilidade do material é de grande importância, dada a necessidade de substituição do dispositivo para utilização em diferentes pacientes nas clínicas fonoaudiológicas. Outro importante requisito é permitir a fácil limpeza com água e sabão, para favorecer o reuso residencial do instrumento, para o mesmo paciente, além de ser um tipo de material muito leve, o que facilita a sua portabilidade.

A escolha dos polímeros teve como princípio a busca de materiais com boa resistência mecânica e que fossem versáteis aos processos de injeção e à prototipagem rápida, possibilitando uma pequena tiragem para testes e proporcionando protótipos muito semelhantes ao original. Os polímeros que possuem essa versatilidade de aplicação são o ABS (Acrilonitrila Butadieno Estireno) e PLA (Poliácido Láctico).

O ABS é um termoplástico confeccionado com o propósito de se obter ótima resistência ao impacto e um excelente acabamento estético: a capa de um *tablet* ou celular deve ter ao mesmo tempo um lindo acabamento para o consumidor e ser resistente a quedas, por isso o ABS é um dos polímeros mais indicados para fabricação de carcaças e fechamentos para eletroeletrônicos e eletrodomésticos (KASPER *et al.*, 2010). Esse material possui a combinação de três monômeros: a acrilonitrila que fornece a resistência térmica e química, o butadieno que proporciona a resistência ao impacto e ao alongamento e por fim, o estireno que propicia o brilho, a moldabilidade e a rigidez desse material (FERREIA *et al.*, 2013). Estas substâncias

são adquiridas da transformação de derivados do petróleo, e, além da sua fonte não ser renovável, sua decomposição dá origem a produtos tóxicos.

O ABS, em temperatura ambiente, praticamente não oferece risco à saúde, pois nesse estado não há rompimento na cadeia polimérica. Porém, é necessário se preocupar com a existência de aditivos ao material como resinas, produtos auxiliares e monômeros residuais que podem ser tóxicos, em contato com a pele ou se inalados. Além disso, quanto ao butadieno, que é um dos componentes deste polímero, um estudo sugere o seu potencial de causar câncer (BRAMMER, 2019).

Devido ao plástico ABS ser capaz de apresentar características tóxicas para o ser humano e ainda ser de difícil decomposição no meio ambiente, considerou-se que esse material não é adequado à utilização do novo instrumento de reabilitação labial, visto que o aparelho será utilizado dentro da cavidade oral, além de ser um produto descartável.

Já o PLA é um termoplástico reciclável e biodegradável, em que o período de decomposição é de seis meses a dois anos em compostagem, comparado com os polímeros derivados de petróleo em que a deterioração completa demora de 500 a 1000 anos (DENG, 2016).

O Políácido Láctico é formado por várias cadeias de repetição do ácido láctico, ácido este, que é fabricado pelo corpo dos mamíferos, inclusive pelos seres humanos. Por isso, este material não traz toxicidade para o ser humano em contato com a pele, nem inalado ou ingerido (PERON FILHO; MENEZES, 2018). A compatibilidade é tão boa que, em caso de implantes permanentes ou temporários, é considerado um material biocompatível (sem rejeição pelo organismo) e bioabsorvível (os produtos de sua decomposição são totalmente eliminados do corpo pelas vias excretoras do indivíduo) (FRANCISCO *et al.*, 2017).

No processo de obtenção do PLA, as bactérias produzem o ácido láctico por meio de fermentação de vegetais ricos em amido, como mandioca, milho e beterraba, o que tornam renováveis as fontes desse material (DENG, 2016). Esse material é excelente para objetos e embalagens descartáveis como: garrafas plásticas, sacolas de supermercado, pratos, frascos, talheres, bandejas, canetas, filmes plásticos para cozinha e uma infinidade de utensílios de curta vida útil, além de dispositivos médicos do emprego na medicina regenerativa (FRANCISCO *et al.*, 2017).

A desvantagem desse material é que o PLA possui baixa resistência ao impacto e às altas temperaturas. Em casos em que se necessita do fortalecimento, é possível acrescentar plastificantes orgânicos tais como glicerol e sorbitol e/ou adicionar fibras naturais ao material. Outra característica desfavorável é o custo de produção dos produtos em PLA; ele ainda continua elevado, 15% maior quando comparado aos polímeros derivados de petróleo (DENG, 2016).

A partir dessas considerações, o PLA será o melhor material para ser utilizado no novo instrumento de reabilitação labial, visto que não é tóxico, se degrada com maior rapidez e ainda utiliza matéria prima renovável. Entretanto, para que houvesse uma boa resistência desse material, a geometria foi continuamente adaptada, alterando-se a forma e espessuras até que, na simulação computacional, se alcançasse a resistência necessária para sua funcionalidade.

Mecanismo de medição do aparelho labial

A partir da análise dos mecanismos das diversas pesquisas voltadas para a quantificação da força do músculo orbicular da boca (vide seção 2.2.2) foi possível, além de entender os dispositivos e sua progressão, estabelecer qual melhor método a ser utilizado no instrumento a ser proposto para terapia labial. Foi viável também mensurar os limites extremos da força e os maiores valores diferenciados do lábio superior para o lábio inferior, conforme Quadro 2. As pesquisas foram apresentadas no quadro por ordem cronológica.

Quadro 2 - Resumo dos mecanismos de medição da força labial

Autor (s)	Medidor	Método	Amostra	Faixa Etária	Forças (N)
KYDD <i>et al.</i> (1963)	Transdutor de pressão	Fixo nos dentes	11 indivíduos	-	*Sup. 70g/cm²
GARLINER (1971)	Dinamômetro	Inserto intralabial	Não informada	-	-
POSEN (1976)	Dinamômetro	Inserto intralabial com haste rígida	170 mulheres e 166 homens	8 a 18 anos	157 N a 2,55 N
INGERVALL e JANSON (1981)	Dinamômetro	Não informado	50 crianças	7 a 13 anos	0,69 N a 3,92 N
UNEMORI <i>et al.</i> (1996)	Transdutor de pressão	Força de selamento	Não informada	-	*9,8 a 21,6 N/m²
MCHENRY <i>et al.</i> (1999)	Célula de Carga	Fixos nos dentes	40 mulheres	20 a 100 anos	5,8 N a 11,0 N
JUNG <i>et al.</i> (2003)	Célula de carga	Força de selamento	32 homens com má oclusão	Média de 22 anos	4,3 N a 20,3 N
CANTERO <i>et al.</i> (2003),	Dinamômetro	Inserto intralabial com mordedor	90 crianças	-	1,68 N a 2,34 N
GONZÁLEZ <i>et al.</i> (2004)	Dinamômetro	Inserto intralabial com mordedor	180 crianças	5 a 12 anos	2,03 N a 2,72 N
RUAN <i>et al.</i> (2005)	Transdutores de pressão	Fixos nos dentes	39 crianças	3 a 6 anos	0,015 N a 0,019 N
GARRETO (2005)	Dinamômetro	Inserto intralabial	25 indivíduos	-	13,3 a 22,2 N
TROTMAN <i>et al.</i> (2007)	Balanço sensível a carga	Força de selamento com mordedor	48 fissura labial e 36 sem	-	3,7 N a 7,5 N
OGUSHI <i>et al.</i> (2008)	Transdutor de pressão	Fixos nos dentes	19 homens e 19 mulheres	-	0,00001 N a 0,00006 N

HÄGG e ANNICO (2008)	Célula de carga externa	Inserto intralabial	30 sofreram AVC 22 AVC e 42 saudáveis	63 a 88 anos 25 a 87 anos	Média 18,5 N
HÄGG <i>et al.</i> (2008)	Célula de carga externa	Inserto intralabial			18,4 N a 31,0 N
PERILO (2008)	Célula de carga externa	Inserto intralabial	20 mulheres	20 a 28 anos	4,71 N a 20,08 N
DI FAZIO <i>et al.</i> (2011)	Célula de carga interna	Fixos nos dentes	25 indivíduos com boa oclusão	9 a 35 anos	0,157 N a 0,191 N
JUNG <i>et al.</i> (2010)	Célula de carga	Força de selamento	99 indivíduos	—	5,59 N a 9,56 N
VALENTIM <i>et al.</i> (2012)	Célula de carga	Fixos nos dentes	28 jovens	9 a 31 anos	0,15 N
PERILO (2012)	Sensores de força	Inserto intralabial com mordedor	40 mulheres	20 a 33 anos	3,45 N a 29,96 N

* Valores de pressão que não puderam ser transformados em força devido a não especificação da área do sensor.

	Fixo nos dentes
	Dinamômetro
	Força de selamento
	Célula de carga externa
	Célula de carga interna

Fonte: Próprio autor

Os artigos que utilizaram o **dinamômetro** como mecanismo informaram dificuldade em quantificar as forças labiais e obstáculos em encontrar uma boa relação entre as deficiências labiais e os valores encontrados. O ponto de inconsistência desse método consiste na dependência de que o pesquisador imobilize ou desloque o dinamômetro para que a tração do instrumento contra os lábios seja executada ao medir a força da estrutura. Essa interferência do pesquisador incorpora componentes subjetivos e imprecisos para este método.

A medição do **selamento labial (preensão labial)**, apesar de utilizada por alguns autores, é um mecanismo complexo para ser utilizado na mensuração da força individualizada de cada parte do lábio, pois na compressão é difícil isolar apenas um lábio, sem a interferência do outro. Além disso, de acordo com Perilo (2012), os lábios, ao serem apertados, se unem, mas também atuam sobre os dentes com movimento para dentro da arcada dentária. Por isso, não é uma instrumentação indicada para avaliação do músculo orbicular da boca. E, principalmente, não é apropriada para o novo instrumento de terapia labial, que requer constância e repetitividade de movimento para efetividade no tratamento.

Já no mecanismo que **fixa os sensores nos dentes**, a dificuldade do método está na necessidade de que um profissional cole os sensores, estabeleça o seu posicionamento e, principalmente, reproduza a sua exata acomodação, para que seja possível uma análise comparativa posterior. Estes condicionantes impossibilitam a utilização desse método em residências ou mesmo tornam muito trabalhosa a utilização em consultório. Estes obstáculos inviabilizam a utilização dessa instrumentação para o novo aparelho de reabilitação do músculo labial.

Transdutores de força ou pressão posicionados externamente à cavidade oral possuem limitações em manter a postura do paciente, dificuldade na utilização dos aparatos, além de fornecerem dados pouco confiáveis, devido à influência dos movimentos da cabeça e tronco na medição. **Os transdutores internos à cavidade oral** se adequam ao projeto do novo instrumento de reabilitação oral, pois evitam interferências externas à boca e ainda possibilitam mensurar a força labial em pontos distintos do músculo orbicular da boca.

Apesar da grande variedade de processos e algumas inconsistências de dados, utilizou-se essas referências bibliográficas para orientar quanto à margem de força que os lábios são capazes de exercer, devido à não existência de um padrão ou consenso. Os valores estão compreendidos de **0,0001 N a 31,0 N**, sendo que essas forças abrangem as diferenças entre faixas etárias (crianças, jovens, adultos e idosos), entre sexos (feminino e masculino) e ainda entre indivíduos com e sem disfunções labiais. Essa informação é fundamental para se encontrar sensores que atuem nessa margem e que possam ser aplicados para um amplo público, mesmo que nesta dissertação o enfoque seja do público infante-juvenil. A força máxima encontrada na literatura para o músculo superior labial foi de **5,8 N** e para o inferior **11,0 N**, informações fundamentais para analisar a resistência do material, o que será explicado na próxima seção.

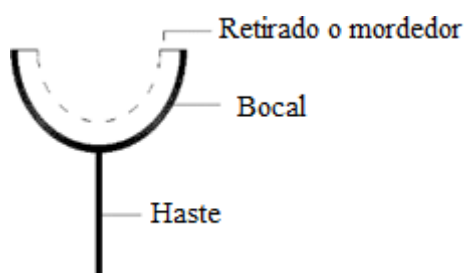
A partir dessa análise bibliográfica, também foi possível detectar qual o processo mais adequado para elaboração do novo instrumento de reabilitação. O método a ser utilizado será de um **inserto intralabial** que se posicionará entre os lábios e os dentes (no vestíbulo oral). O meio de medição da força será utilizando transdutores de força **internos à cavidade oral**, que serão estrategicamente situados.

Geometria do aparelho

Para a conceituação da forma do novo instrumento de reabilitação labial, foram analisadas as patentes e os aparelhos comerciais existentes na atualidade. Após essa verificação, pode-se constatar que a maioria dos dispositivos de exercício labial foi desenvolvida para o posicionamento na parte interna oral, entre lábios e os dentes (no vestíbulo da boca). Muitas formas se assemelham, como os dispositivos de Worthy (1971), Robertson (1974), Perilo *et al.* (2010), Richter (2012), Djupvik *et al.* (2015), Mary (2016), 株式会社 G s 商事 (2017), Lip

Trainer e Myotalea TLJ (Myoreserch[®]), e isso se deve à silhueta em comum (Figura 41), que é condicionada pela anatomia oral. A forma em “U” do inserto é obtida do formato da arcada dentária e por isso, permite um confortável encaixe entre os lábios e os dentes, sendo que a ausência do mordedor proporciona ampliação dos movimentos nos exercícios labiais, assim como a haste perpendicular proporciona facilidade na manipulação do instrumento e preservação da higiene do bucal.

Figura 41 - Silhueta ergonômica-funcional



Fonte: Próprio autor

Entretanto, apesar da silhueta parecida, cada um desses dispositivos possui particularidades que definem uma inovação desenvolvida com características específicas para cada aplicação e tendo em vista determinado público alvo. Como exemplo, temos as patentes Worthy (1971), Richter (2012) e Djupvik *et al.* (2015), todas elas possuindo formas análogas, porém, cada uma tem um objetivo característico que definiu a novidade de uma invenção, a ponto de serem patenteadas, como:

- a patente Worthy (1971) possui o foco no exercício muscular dos lábios e bochechas por meio da haste com manipulação manual objetivando apenas melhorar as rugas em torno da boca;
- a patente Richter (2012) pretende ampliar a função de exercício manual e proporcionar um vibrador ativo oral para que também atue na estética facial;
- a patente Djupvik *et al.* (2015) também executa a movimentação manual, mas, neste caso, é específica para pessoas com tônus muscular reduzido (hipotônico). Indivíduos com essa deficiência labial, ao treinar os músculos, provocam vácuo na cavidade oral e este instrumento foi constituído vazado para possibilitar a passagem livre do ar.

Formas similares possuem utilizações diversas e oferecem novas possibilidades terapêuticas com objetivos distintos, sem contar que as adequações do dispositivo se fazem necessárias para viabilizar a utilização dos diferentes usuários.

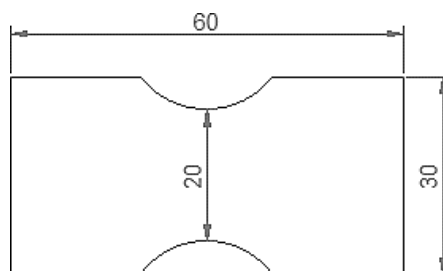
Na patente de Perilo *et al.* (2010) é possível extrair outra importante característica: foram utilizados quatro pontos distintos para mensurar a força dos lábios e essa peculiaridade possibilitará a detecção de pontos individualizados nos quatro lados (superior, inferior, direito e esquerdo) do músculo orbicular da boca. Isso possibilita um grande leque de pesquisa e acompanhamento da terapia labial e abrange atuações específicas em disfunções como paralisia facial periférica, AVC, síndrome do respirador oral e má formação do músculo labial.

A partir desses limitantes da geometria e identificação de inovações na forma de detectar a força muscular, foi estabelecida uma prévia da forma na qual o novo instrumento será desenvolvido. A este conceito anatômico do produto serão adaptadas as dimensões do aparelho, acrescidos mecanismos para facilitar os exercícios labiais, adequações para encaixar os sensores e ainda análises de elementos finitos para adaptar a geometria, para que ela obtenha a resistência mecânica necessária para sua utilização.

Dimensões do Aparelho

As dimensões das primeiras geometrias tiveram como parâmetro a pesquisa de campo realizada por Perilo (2008) em sua dissertação. A pesquisa coletou 100 medições da distância intercantal da boca (espaço entre as comissuras labiais) e chegou-se a um inserto labial, localizado entre os lábios e os dentes, com comprimento máximo com dimensão de 60 mm (Figura 42).

Figura 42 - Imagem esquemática com as dimensões limites do inserto labial



Fonte: Próprio autor

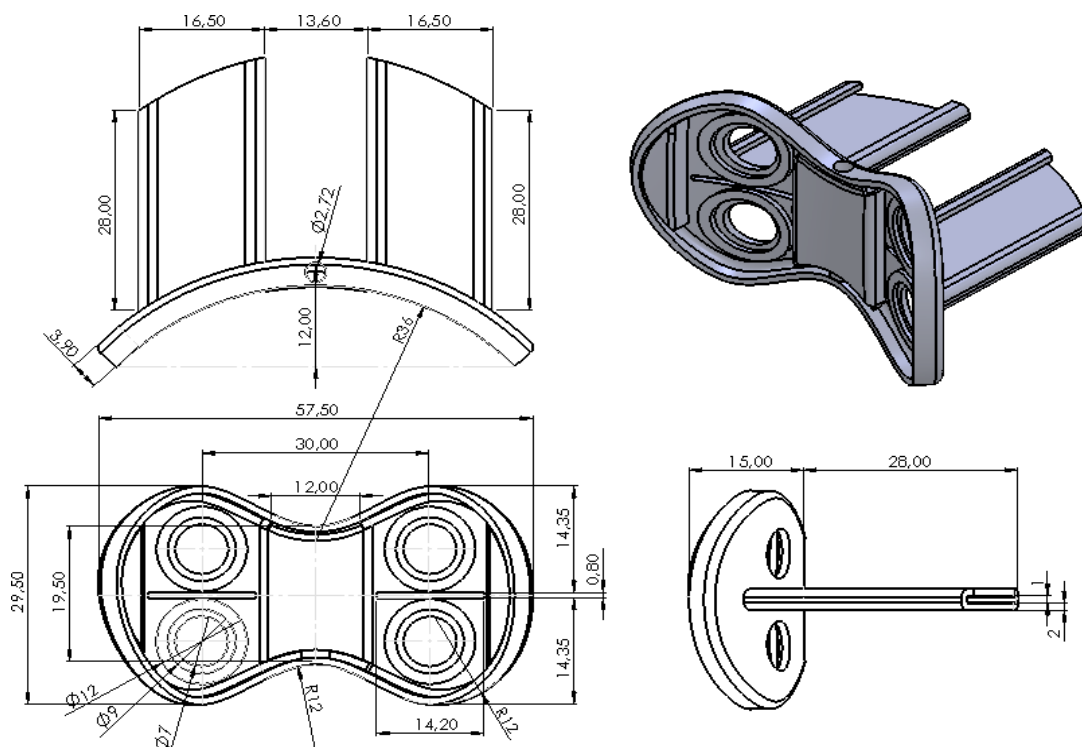
Na mesma Figura 42, é possível verificar a altura da peça, que ficou limitada à adaptação e encaixe dos sensores (ver seção 3.3), o que resultou na dimensão mínima de 30 mm. Mas essa altura do instrumento foi reduzida em suas extremidades no centro da peça, para que os frênulos superior e inferior dos lábios não restringissem os exercícios labiais.

Protótipo

Foi desenvolvido um protótipo do instrumento que serve como um controlador para jogos digitais, permitindo que o usuário execute comandos com os lábios durante as atividades dos jogos.

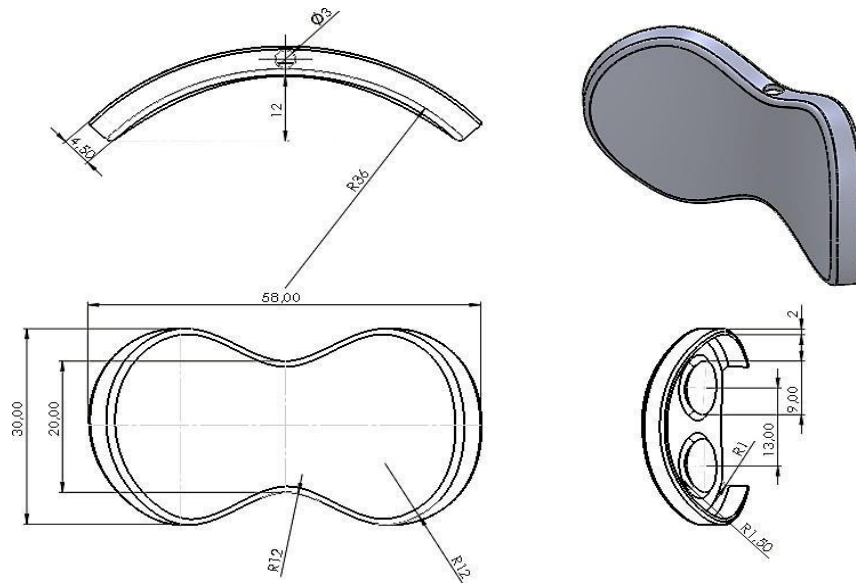
A geometria do protótipo, Figuras 43 e 44, seguiu a silhueta ergonômico-funcional extraída das patentes e dos instrumentos comerciais. O aparelho foi elaborado com uma carcaça bipartida (corpo e tampa) para fácil acesso aos sensores e adaptações internas e para o encaixe dos mesmos. O arredondamento da forma e a espessura seguiram os resultados das análises dinâmicas e estáticas de elementos finitos, realizadas para definição da resistência mecânica do aparelho. Estas especificações serão vistas detalhadamente na próxima seção.

Figura 43 - Detalhamento e perspectiva do corpo do instrumento



Fonte: Próprio autor

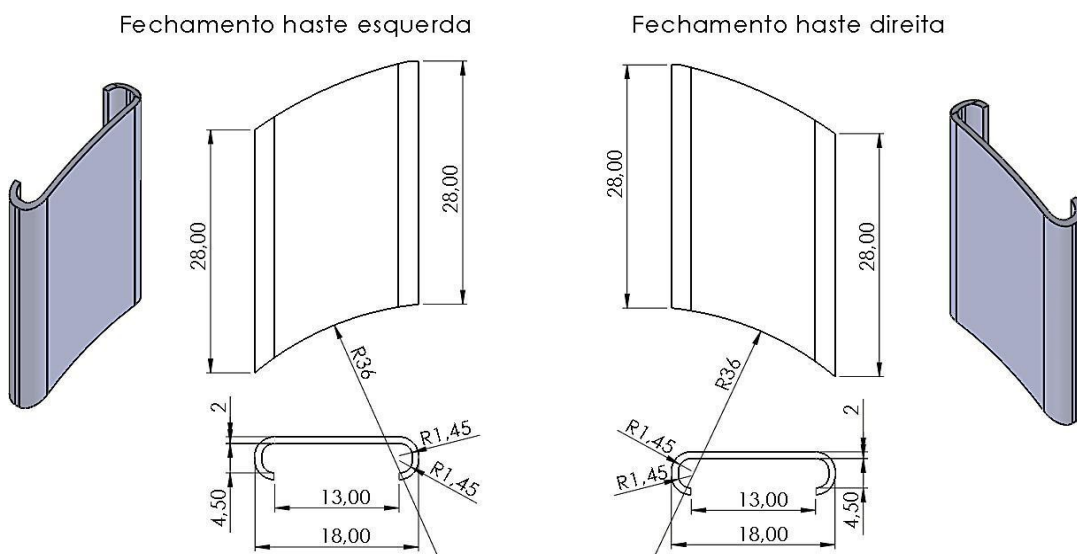
Figura 44 - Detalhamento e perspectiva da tampa do instrumento



Fonte: Próprio autor

A inclusão de duas hastes tem como propósito a passagem e proteção física dos sensores para que estes não se danifiquem em quedas, manejos bruscos ou contato com a saliva (Figura 45). As hastes foram ainda projetadas para servir como guia para um correto posicionamento do aparelho na arcada dentária, por se encontrarem na linha central da peça.

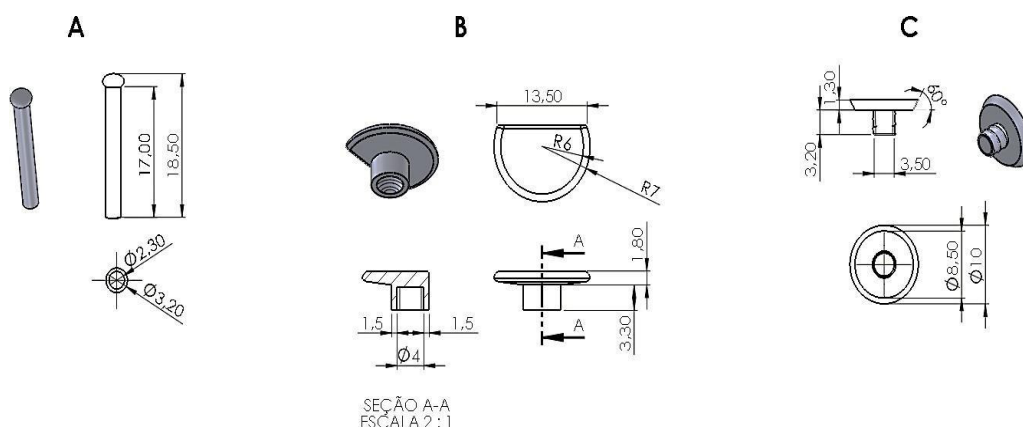
Figura 45 - Detalhamento e perspectiva dos fechamentos das hastes esquerda e direita



Fonte: Próprio autor

Os quatro pinos transmitem a força realizada nos lábios para os sensores e a fixação destes foi projetada com rosca, para garantir maior segurança em sua utilização (Figura 46), impedindo a deglutição ocasional dos pinos por crianças. Um pino de travamento foi desenvolvido para unir todas as peças. O pino receptor recebe a força do pino de contato labial e a transmite para o sensor, por isso, o diâmetro de sua base coincide com o da área sensível do sensor.

Figura 46 - Detalhamento e perspectiva das respectivas peças



A- Pino de travamento

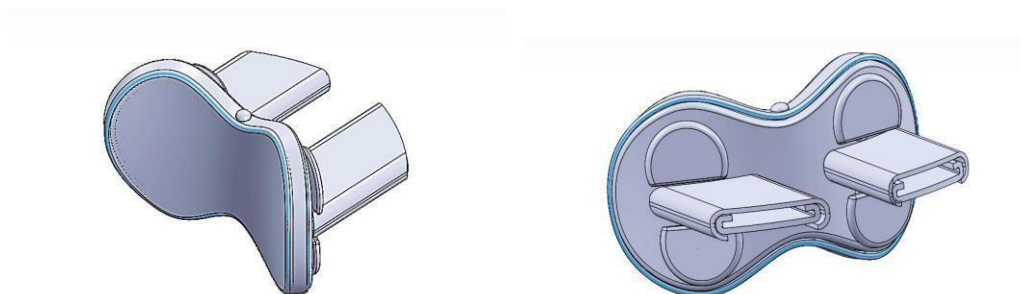
B- Pino de contato labial (capta a força dos lábios)

C- Pino receptor do sensor (transfere a força labial para o sensor)

Fonte: Próprio autor

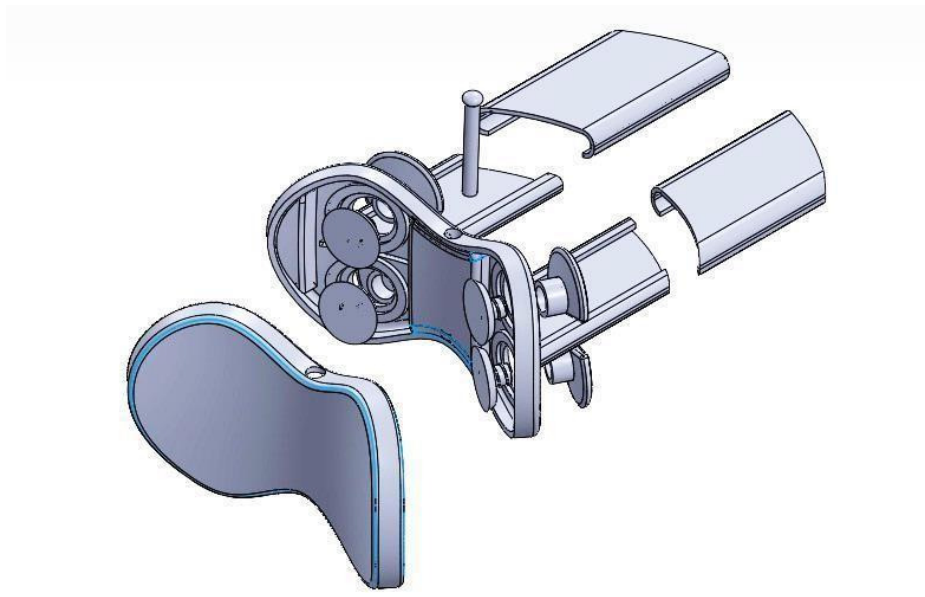
Todo o conjunto do instrumento foi abaulado, tanto o corpo da peça, quanto os pinos e as hastes foram arredondadas em suas quinas ou pontas para que não houvesse protuberâncias que pudessem machucar o usuário durante o exercício na cavidade oral, Figuras 47 e 48.

Figura 47 - Perspectivas do conjunto completo montado



Fonte: Próprio autor

Figura 48 - Vista explodida do aparelho



Fonte: Próprio autor

No processo de produção do protótipo foi utilizada prototipagem rápida com impressora 3D de filamento em PLA com espessura de 1,75 mm. A deposição do material fundido foi realizada por coordenadas do eixo X e Y de cada camada. O eixo Z é depositado progressivamente em cada camada formando a altura da peça (KRETSCHKEK, 2012). No caso de todas as peças do aparelho, podemos considerar que a deposição do material foi “maciça” devido à fina espessura (2 mm) do protótipo.

Com o objetivo de elaborar um aparelho com boa resistência mecânica e estabelecer uma adequada vida útil do produto, preservando sua integridade, a geometria do modelo foi progressivamente alterada, até que se adequasse às solicitações de carga sob condição de queda livre, verificadas por meio de simulações dinâmicas do Método dos Elementos Finitos. Tal procedimento visou resguardar o novo produto de possíveis quedas acidentais durante o seu manuseio.

Geometria X Resistência do instrumento

A modelagem tridimensional das peças foi realizada no *software* SolidWorks® e importada para o *software* Abaqus CAE® e optou-se por simular a queda somente da estrutura do corpo principal do aparelho, com o propósito de facilitar a simulação, tanto em termos de criação de malhas, como também no tempo de processamento computacional da solução. As peças móveis, encaixes e o pino de travamento foram analisados posteriormente na análise estática de utilização do aparelho.

A análise foi feita considerando a queda do corpo da peça de uma altura de 1 metro, medida estimada para a utilização do aparelho. Sabe-se que a velocidade terminal do corpo em queda livre acontece de acordo com a seguinte equação:

$$V = \sqrt{2gh} \quad (1)$$

Sendo:

$V =$ velocidade adquirida com a queda

$g =$ força da gravidade = $9,8 \text{ m/s}^2$

$h =$ altura de queda = $1,0 \text{ m}$

Calculou-se assim uma velocidade de $V = 4,424 \text{ m/s}$ ou $V = 4424 \text{ mm/s}$.

Após a obtenção da velocidade, foi possível definir o parâmetro “*Predefined Field*” que será de 4424 mm/s no sentido negativo do eixo y . Também foi atribuída a força da gravidade negativa de 9800 mm/s^2 , no eixo y . As condições de contorno foram definidas prevendo contato no ponto da peça de maior fragilidade (quinas) para que se obtenham as tensões críticas da peça.

Critérios de resistência ao escoamento e à falha são meios de se calcular os possíveis danos e limites de segurança na aplicação de um material, presumindo as tensões que o instrumento estará sujeito (WARD; SWEENEY, 2012). Normalmente, os critérios de escoamento são utilizados para materiais dúcteis, a falha é considerada no instante em que ocorre a deformação plástica. Já os critérios de fratura são empregados para materiais frágeis que sofrem colapso de forma abrupta e o material não se deforma antes da ruptura (CARUSO, 2015).

Para as análises computacionais do novo aparelho optou-se pelo critério de von Mises como critério de falha, apesar de tal critério nem sempre ser preciso para todos os tipos de polímeros. Em um panorama geral dos critérios de escoamentos em plásticos, pesquisadores na literatura (ARRIAGA *et al.*, 2007, PERON FILHO; MENEZES, 2018) utilizaram o critério de escoamento de von Mises nas simulações computacionais que utilizam material polimérico, verificando boa correlação entre simulação e experimentos. Os autores Peron Filho e Menezes (2018) e Chacón *et al.* (2017), que analisaram especificamente o material PLA, também optaram em fazer a análise estrutural dos seus projetos utilizando o critério de falha de von Mises verificando adequada plasticidade (dúctil) desse material. Porém, a utilização de von Mises para polímeros não é consenso e alguns pesquisadores admitem a sua utilização somente para metais dúcteis. Por essa razão, se fez também uma análise com a utilização do critério de Tensões Máximas Principais que também será demonstrado nas análises estruturais do novo aparelho.

Caruso (2015) argumenta que nos materiais poliméricos prevalece a resistência à compressão maior do que a tração (média de 10 a 30%), característica que torna esse material desbalanceado. Contudo, devido à complexa formulação de uma análise não linear do problema, manteremos as análises lineares considerando que estas possuem uma boa aproximação das características reais na maioria dos problemas. Logo, os pontos de fragilidade e vulnerabilidade do novo instrumento serão avaliados usando os critérios de von Mises e Tensões Máximas Principais, sendo considerada a análise mais conservadora entre ambos, visando assim, desenvolver um aparelho que atenda à proposta funcional e permita redimensionar a geometria para iniciar a etapa de prototipagem.

O material escolhido para o aparelho foi o polímero PLA pelo seu caráter atóxico e biodegradável. No projeto de Peron Filho e Menezes (2018) foram investigadas as características do material PLA e suas propriedades, para serem utilizadas em análise computacional. Para isso foram realizados ensaios práticos de tração em corpo de prova circular, retangular e ensaio de compressão em amostra cúbica, todos com o mesmo material PLA e obtidos por prototipagem rápida, utilizando impressão 3D com filamento. As propriedades obtidas desses ensaios foram: módulo de Young de 4.460 MPa, coeficiente de Poisson de 0,36, densidade de $1.088\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$ e tensão de escoamento de 53,93 MPa.

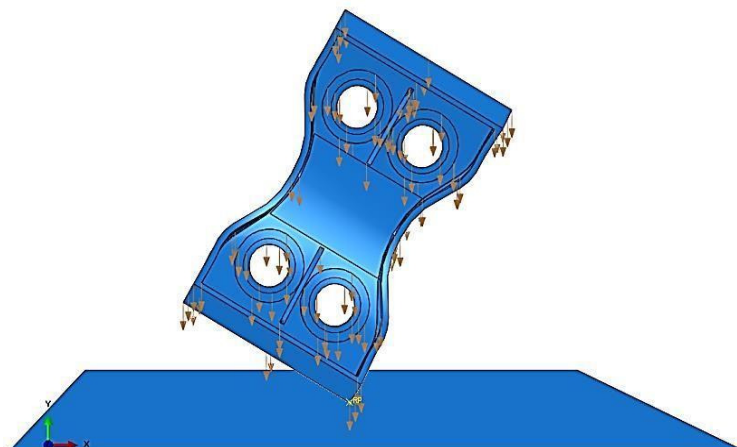
Houve a tentativa de adquirir informações das propriedades do material PLA em amostras também injetadas, para que fosse possível realizar um comparativo entre as propriedades impressas em prototipagem rápida e amostras que tivessem sido produzidas por injetora. Mas, das nove empresas consultadas (Ferplastc, Derplast, Inject, Mokka Plásticos, Plásticos Carrão, IBT Plásticos, Riplast, InjetAll e Plestin), nenhuma delas utiliza atualmente o material injetado em PLA. O gerente da Feplast informou que este produto possui um custo 30% superior se comparado com os derivados de petróleo e que, ainda, a sua resistência é bem inferior à da maioria dos polímeros. A vendedora da Inject argumentou que tentaram comercializar este material, mas não encontraram demanda para este polímero sustentável no mercado nacional. Por isso, toda a análise estrutural do aparelho foi realizada utilizando as propriedades adquiridas com prototipagem rápida por Peron Filho e Menezes (2018).

As peças que compõem o instrumento foram analisadas quanto ao seu desempenho estrutural por meio do método de elementos finitos utilizando-se o programa Abaqus/CAE[®]. Para modelagem tridimensional todas as geometrias foram inicialmente desenvolvidas no software SolidWorks[®] e logo após importadas para o software Abaqus/CAE[®]. O passo de tempo (“*Step*”) na análise dinâmica foi definido como 0,0001 s, considerando o tempo necessário para capturar a deformação pelo contato do corpo com o chão e, posteriormente, o retorno elástico do corpo após contato.

3.2.2. Primeira simulação

Na primeira geometria desenvolvida, a peça tinha forma “retangular”, com espessura de 1 mm em toda a peça. Na Figura 49, foram apresentadas as definições de contorno do corpo do aparelho, realizadas na primeira simulação computacional.

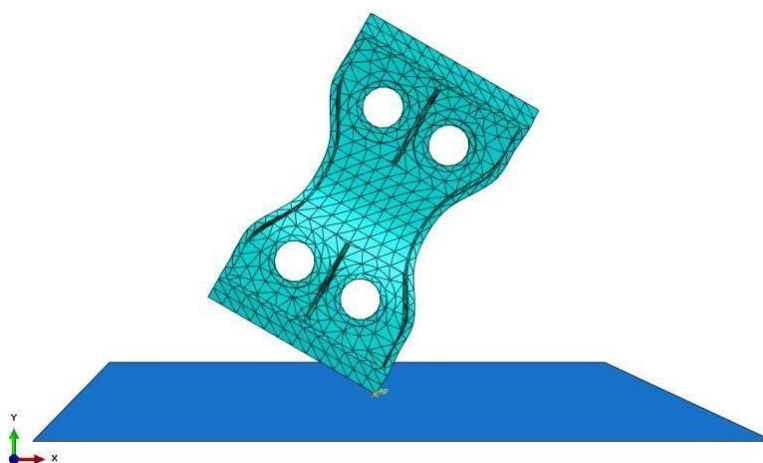
Figura 49 - Condições de contorno do aparelho na primeira simulação computacional



Fonte: próprio autor

Foi gerada a malha da peça com elementos tetraédricos de 2,8 e o tipo de elemento foi o “*Explicit 3D Stress*”. Para análise, apenas o corpo da peça foi discretizado, pois a placa, que simula o piso, foi modelada como superfície rígida. Na Figura 50, é possível observar a malha criada com 9.258 elementos.

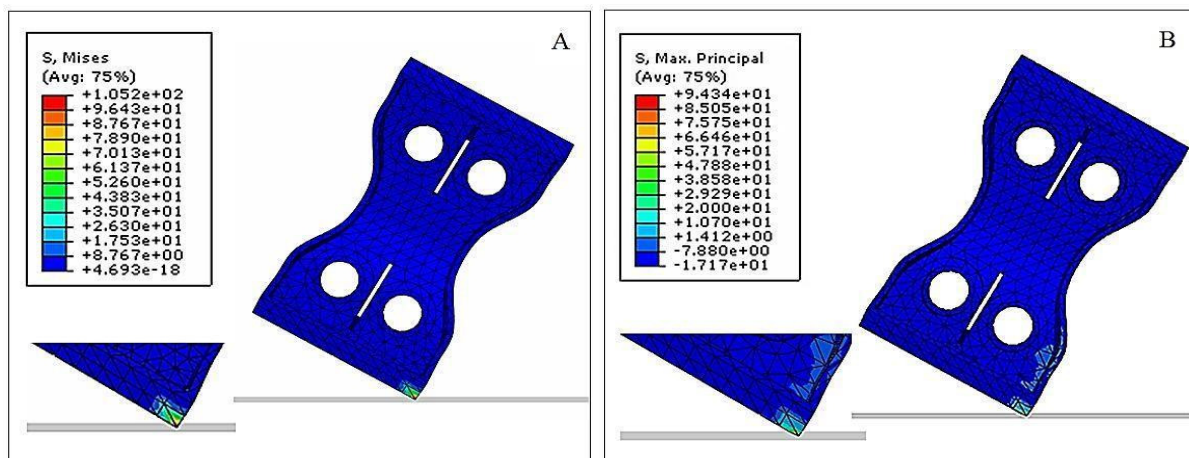
Figura 50 - Malha com elementos tetraédricos criados para a estrutura



Fonte: próprio autor

Conforme a Figura 51, a tensão equivalente de von Mises máxima, foi de 105,2 MPa e a tensão Máxima Principal foi de 94,3 MPa, valores estes muito superiores à tensão de escoamento do material 53,93 MPa, o que ocasionaria falha da peça nestas determinadas situações.

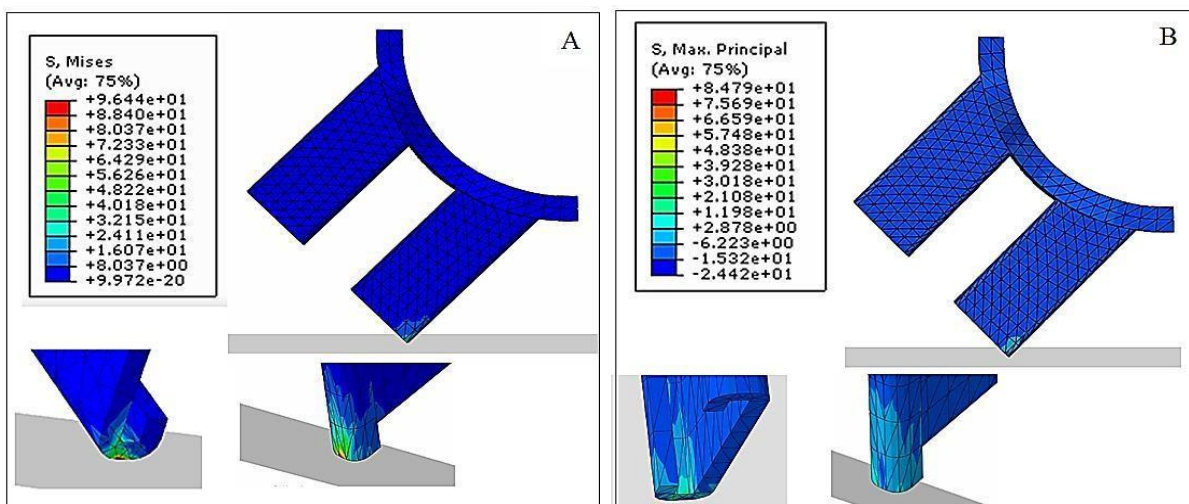
Figura 51 - Distribuição das Tensões de von Mises (A) e Tensões Máximas Principais (B) na peça retangular com espessura de 1 mm



Fonte: próprio autor

Na simulação computacional de queda, as quinas e pontas foram os pontos de maior vulnerabilidade de dano, por isso, também foi verificada a resistência em queda na extremidade do suporte da peça, Figura 52.

Figura 52 - Distribuição das Tensões de von Mises (A) e Tensões Máximas Principais (B) no suporte da peça retangular com espessura de 1 mm



Fonte: próprio autor

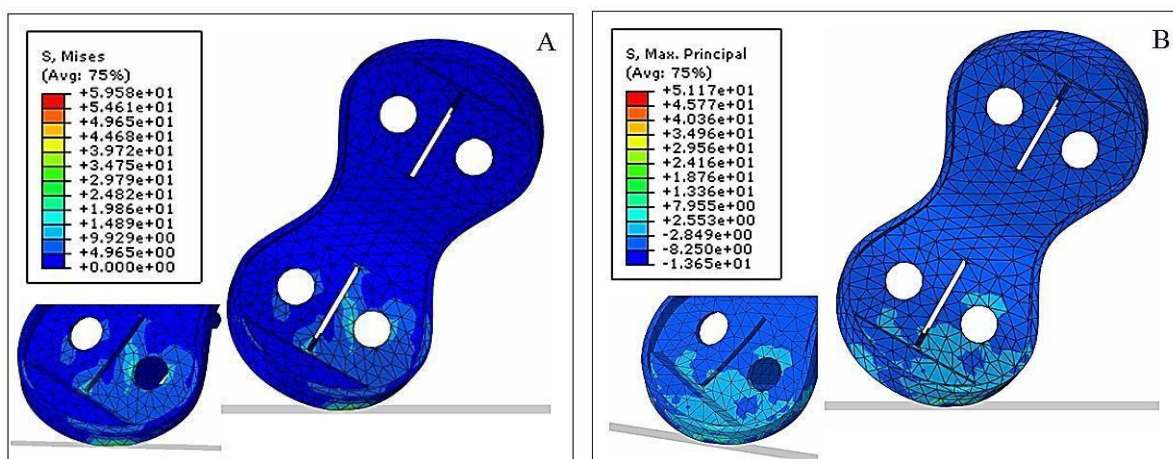
A geometria retangular e a espessura de 1 mm não suportaria a queda também no suporte da peça de acordo com a Figura 52. Tanto as tensões de von Mises, 96,4 MPa, e a tensão Máxima Principal de 84,8 MPa ultrapassaram a tensão de escoamento de 53,93 MPa.

Segunda simulação

Devido à fragilidade encontrada na geometria, nova peça foi modelada arredondando-se todas asquinas. Todos os padrões de simulação de queda no Abaqus foram reproduzidos novamente na geometria.

Na Figura 53, a tensão de von Mises de 59,6 MPa e a tensão de Máxima Principal de 51,2 MPa reduziram consideravelmente, porém ainda ficaram muito próximas da tensão de escoamento do material. Pela análise da tensão de von Mises nesta geometria também haveria falha.

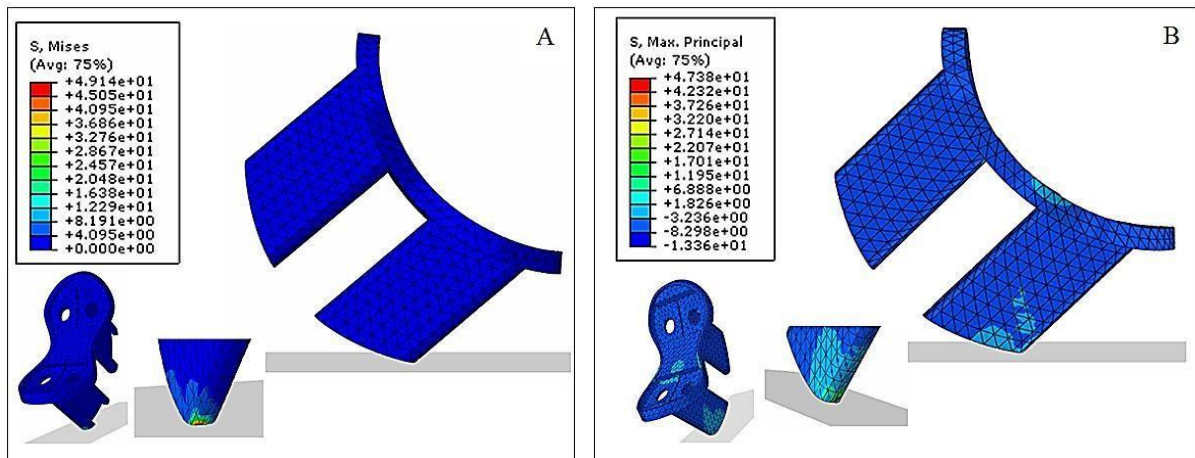
Figura 53 - Distribuição das Tensões de von Mises (A) e Tensões Máximas Principais (B) na lateral da peça arredondada com espessura de 1 mm



Fonte: próprio autor

Já a análise no suporte, a tensão de von Mises de 49,1 MPa e a tensão de Máxima Principal de 47,4 MPa (Figura 54) ficaram abaixo de tensão de escoamento do material de 53,93 MPa, mas ainda os valores ficaram muito próximos do seu limite máximo, por isso, na simulação seguinte foi aumentada a espessura de toda a peça, com o intuito de ter uma margem mais confortável das tensões.

Figura 54 - Distribuição das Tensões de von Mises (A) e Tensões Máximas Principais (B) no suporte da peça arredondada com espessura de 1 mm

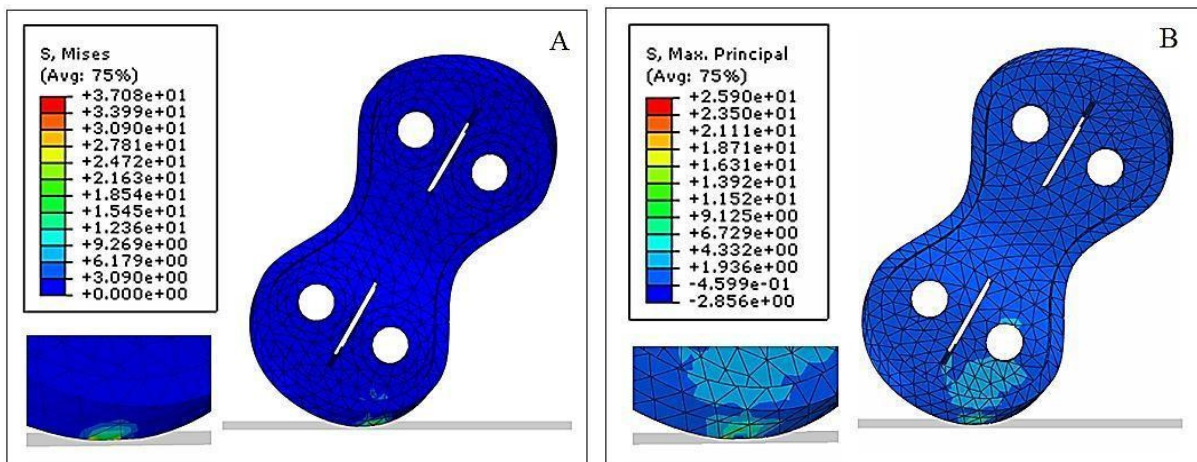


Fonte: próprio autor

Terceira simulação

Na terceira simulação, a forma permaneceu a mesma, entretanto, a espessura do material foi alterada para 2 mm, com o objetivo de aumentar a resistência do material da peça. O resultado da análise foi conforme o esperado e, de acordo com a Figura 55, foram reduzidas as tensões (37,1 MPa e 25,9 MPa) devido ao reforço da espessura na geometria.

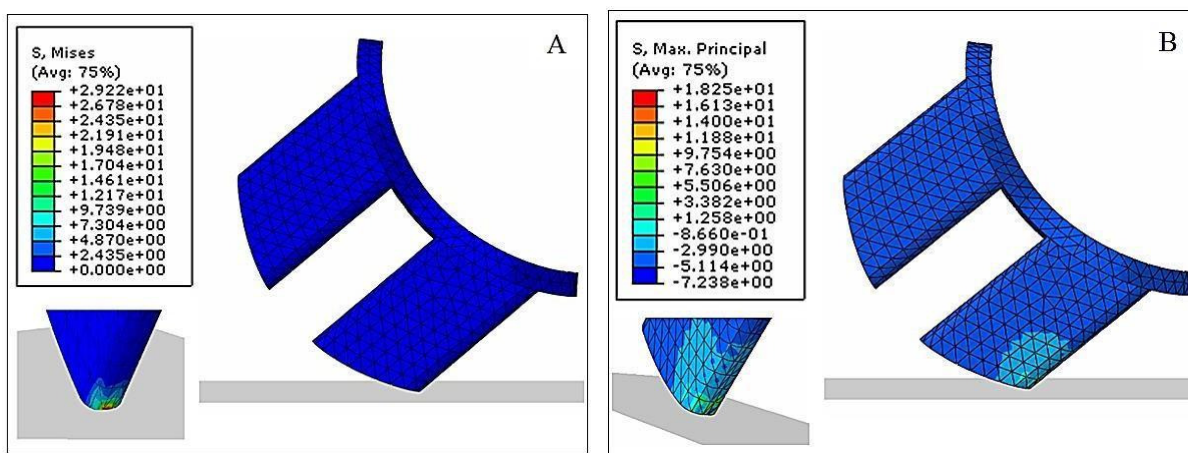
Figura 55 - Distribuição das Tensões de von Mises (A) e Tensões Máximas Principais (B) na lateral da peça redonda com espessura de 2 mm



Fonte: próprio autor

O mesmo ocorreu com a tensão no suporte da peça que reduziu drasticamente, sendo que tanto a de von Mises (29,2 MPa) quanto as Máximas Principais (18,2 MPa) alcançaram valores bem inferiores à tensão de escoamento de 53,3 MPa, não havendo risco de falha do material (Figura 56).

Figura 56 - Distribuição das Tensões de von Mises (A) e Tensões Máximas Principais (B) no suporte da peça arredondada com espessura de 2 mm



Fonte: próprio autor

Em todos os gráficos com simulações de tensões, os valores de von Mises foram superiores aos valores da Máxima Principal. Além disso, na verificação dos gráficos em von Mises, as tensões se mostram mais pontuais do que a distribuição da tensão Máxima Principal, que se propaga em uma maior área, apesar de valores menores.

Com a simulação computacional, foi possível verificar o desempenho estrutural do novo instrumento em que a forma arredondada, com a espessura de 2 mm, resistiu às tensões de queda solicitadas. Entretanto, esta análise é parcial e, para um completo resultado estrutural do aparelho será feita nova análise computacional explorando as condições de contorno de utilização do instrumento na reabilitação dos lábios, em uma análise estática.

Somente após as duas análises, dinâmica e estática, será possível encontrar todos os pontos de fragilidade e vulnerabilidade do novo instrumento, permitindo, assim, adequar toda a geometria, para iniciar a etapa de prototipagem, tendo como principal objetivo desenvolver um aparelho que atenda à proposta funcional.

Análise estática da utilização do instrumento

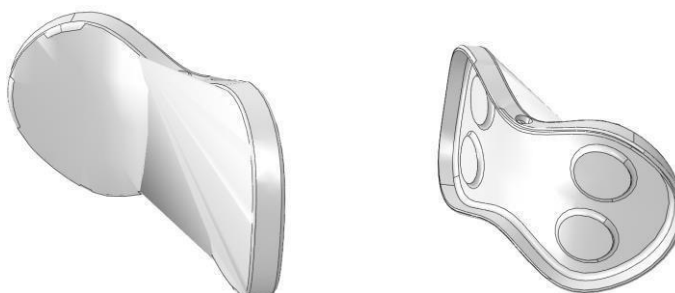
Nesta simulação foi feita uma análise computacional estática, na qual foram utilizadas as condições de contorno do instrumento na reabilitação dos lábios. Neste estudo foram considerados os travamentos superiores e inferiores do instrumento dentro da boca, levando em conta que o mesmo pode se transladar nos sentidos laterais. Conjuntamente será verificado o pino de travamento que fixa o corpo à tampa do aparelho e por fim, a resistência dos pinos receptores que receberão as forças dos lábios.

Dados de entrada

Ao introduzir as peças, criadas no SolidWorks® no Abaqus/CAE® várias peças se deformaram devido à sua geometria. Por isso, foram testadas várias extensões, que o programa Abaqus/CAE® recebe, para verificar em qual delas o programa faria uma melhor leitura do arquivo tridimensional.

A extensão Parasolid (*.x-b*, *.x-t*, *-xmt*) desfigurou a forma da peça e não possibilitou a criação da malha, conforme Figura 57. Além da extensão, foi detectado que o arredondamento das quinas da peça (filet), atrapalha a leitura da geometria no Abaqus, por isso foi retirado o arredondamento em todas as partes, ver também na Figura 57.

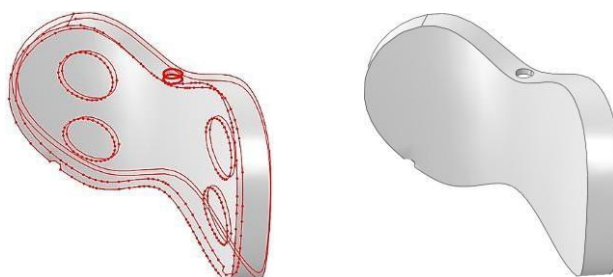
Figura 57 - Imagens desfiguradas da tampa importada na extensão .x-b



Fonte: próprio autor

Já a extensão IGES (*.igs* e *.iges*) decompôs as linhas dos objetos e ainda deformou a extremidade da peça, sendo que a malha também não conseguiu ser formada, Figura 58.

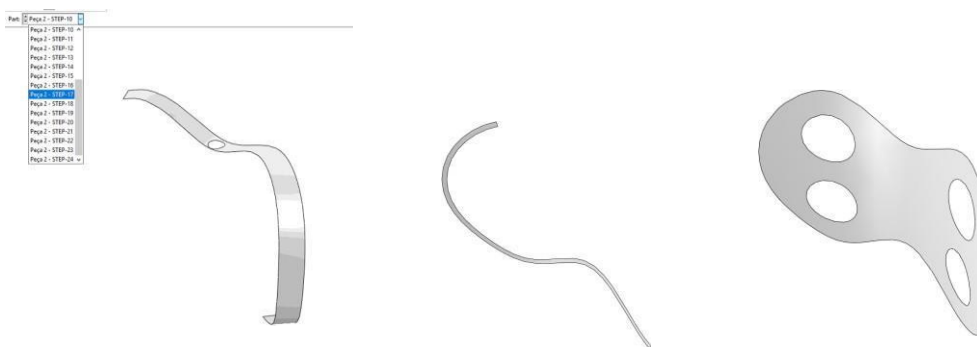
Figura 58 - Imagens da deformação da tampa importada na extensão. igs



Fonte: próprio autor

Na extensão STEP (*.stp* e *.step*), a peça se dividiu em vários fragmentos (Figura 59).

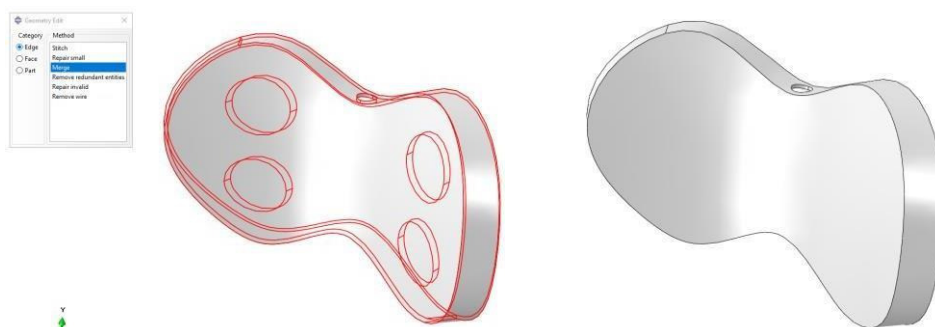
Figura 59 - Imagens dos fragmentos da tampa importada na extensão .step



Fonte: próprio autor

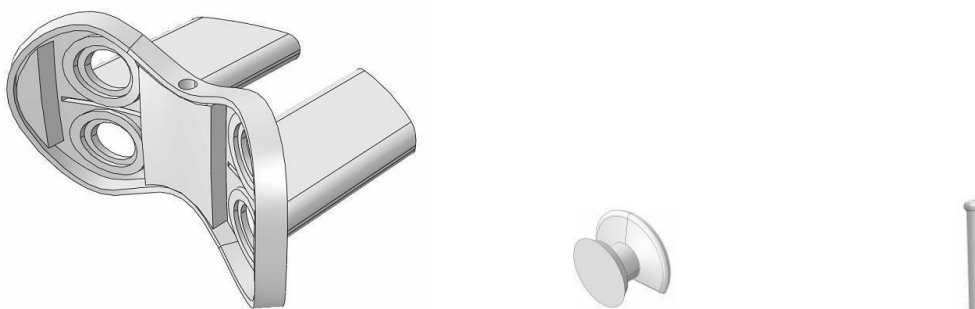
Finalmente, a extensão ACIS (*.sat*) foi a única que não deformou as peças (Figura 60). Somente foi necessária a união de algumas linhas utilizando a edição “Geometry Edit”. As Figuras 60 e 61 representam as outras peças que foram importadas em sequência: Corpo, Pino Sensor e Pino de Travamento, sendo que os Fechamentos das Hastes foram incorporados ao Corpo da Peça, pois estes não recebem as tensões na aplicação do aparelho. Também foi unido o Pino de Contato ao Pino Receptor Labial para que na simulação não houvesse interferências da análise na rosca, que não é objeto de estudo desta dissertação.

Figura 60 - Imagens da tampa sem deformação importada na extensão .sat



Fonte: próprio autor

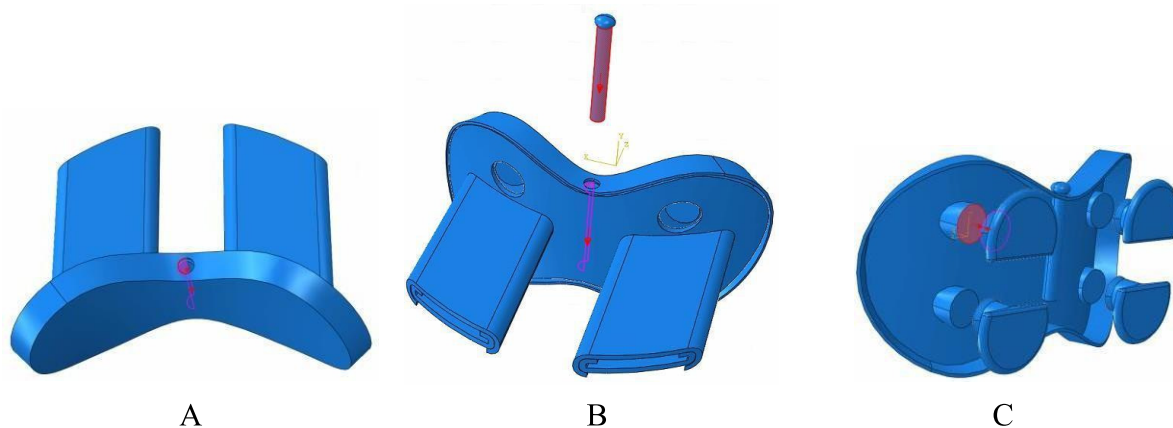
Figura 61 - Imagens do corpo do aparelho sem deformação importada na extensão .sat



Fonte: próprio autor

Para montagem foram utilizados os comandos de “Rotação” e “Translação” para que cada parte se posicionasse adequadamente. Além disso, a relação do Corpo da peça com a Tampa se obteve a partir de emparelhamento concêntrico das superfícies ao furo (Figura 62A). O Pino de Travamento também foi posicionado concêntricamente com os furos da Tampa e do Corpo (Figura 62B). Por fim, os Pinos do Sensor foram emparelhados com os sobressaltos da Tampa, utilizando a ferramenta “Face a Face” (Figura 62C).

Figura 62 - Imagens da montagem do instrumento labial



A- Emparelhamento concêntrico do corpo à tampa do aparelho

B- O pino de travamento posicionado concêntricamente ao furo do corpo e da tampa.

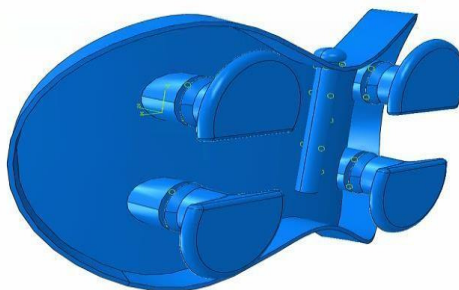
C- Os pinos do sensor foram emparelhados com os sobressaltos da tampa com “Face to Face”

Fonte: próprio autor

No passo da análise (Step) foi definido o tipo de simulação que, neste caso, foi a análise estática, na qual foram reproduzidas as condições de utilização do aparelho dentro da boca.

Na interação entre as partes foi estabelecido um contato do tipo “Tie” entre a Tampa e o Pino de travamento e igual contato foi inserido entre o Corpo e o mesmo Pino de Travamento. Entre os quatro Pinos do Sensor, a integração entre as partes também foi do tipo “Tie”, conforme representado na Figura 63.

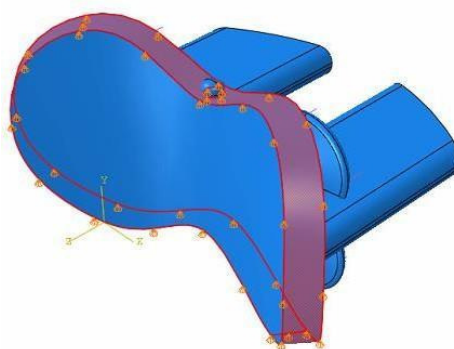
Figura 63 - Imagens da montagem do instrumento labial



Fonte: próprio autor

As condições de contorno foram definidas fixando as laterais da peça e restringindo o deslocamento do eixo y ($u_2=0$), pois na utilização oral não é possível subir nem descer o instrumento dentro da cavidade oral (Figura 64).

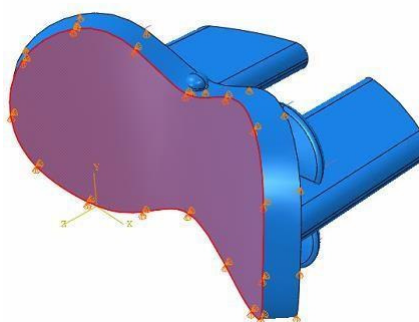
Figura 64 - Imagem da restrição da condição de contorno no eixo y



Fonte: próprio autor

Outra limitação de deslocamentos na utilização do aparelho é definida pela parte externa da Tampa que é limitada pelos dentes que não possibilitam o deslocamento no eixo z ($u_3=0$) (Figura 65).

Figura 65 - Representação da limitação de deslocamento no eixo Z

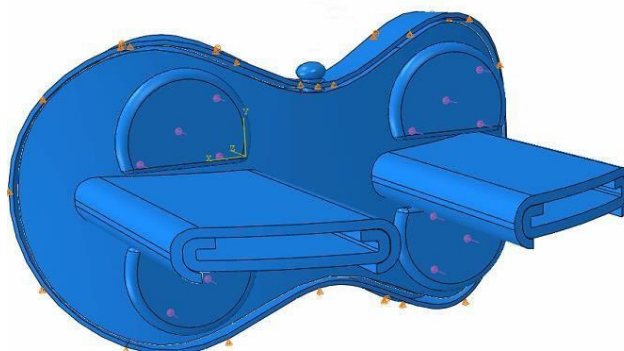


Fonte: próprio autor

Os carregamentos foram estabelecidos a partir das referências bibliográficas pesquisadas, em que foram estudados os mecanismos de medição do aparelho labial, devido a não existência de um padrão ou consenso de dados objetivos. No Quadro 2, com o resumo dos mecanismos da força objetiva labial, a força máxima encontrada para o músculo superior labial foi de **5,8 N** e para o inferior **11,0 N**, no artigo de Mchenry *et al.*, (1999). Foi avaliada a força do lábio superior e inferior em 40 pessoas, utilizando-se sensores de força acoplados aos dentes incisivos. Neste

mesmo quadro verificou-se também o valor máximo de 31,0 N identificado em todo sistema por Hagg *et al.* (2008). O valor das somas das forças detectadas por Mchenry *et al.* (1999) ($5,8+5,8+11,0+11,0= 33,6$ N) superam o valor de 31,0 N de Hagg *et al.* (2008), logo, será utilizada, na simulação computacional, a maior solicitação de carga já encontrada para a aplicação do aparelho. Como a análise é determinada pela força exercida sobre a área ($87,48$ mm²) dos pinos superiores e dos pinos inferiores, encontra-se uma pressão de $0,066$ N/mm² para cada pino superior e $0,126$ N/mm² para cada pino (inferior) (Figura 66).

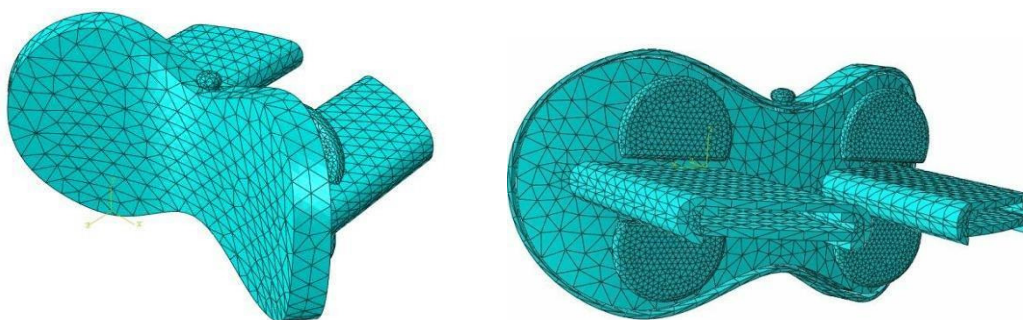
Figura 66 - Imagem dos carregamentos na aplicação do aparelho



Fonte: próprio autor

Todas as partes da peça foram discretizadas com elementos tetraédricos do tipo C3D10 com um total de 67.398 nós e 38.478 elementos, de acordo com a Figura 67.

Figura 67 - Imagem da malha com elementos tetraédricos



Fonte: próprio autor

Simulação

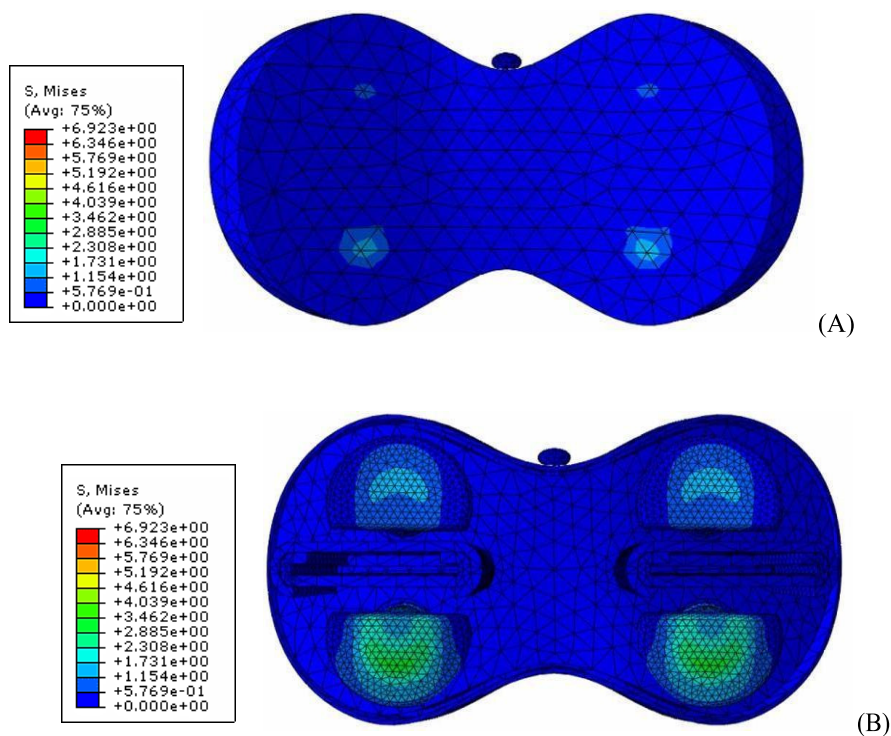
Foi rodada a análise de elementos finitos que gerou os resultados comentados a seguir.

Pós-processamento

A partir da análise do resultado das simulações dinâmicas, foi verificado que, para as propriedades do polímero PLA, o critério de von Mises apresentou resultados superiores aos valores do critério das tensões Máxima Principal em todos os casos analisados. Por isso, a simulação estática utilizará apenas o critério mais conservador, não havendo necessidade de nova comparação de resultados.

O resultado da simulação em von Mises foi de 6,92 MPa e atendeu às expectativas, já que esse valor encontrado foi muito inferior à tensão de escoamento do material 53,93 MPa, como se vê na Figura 68.

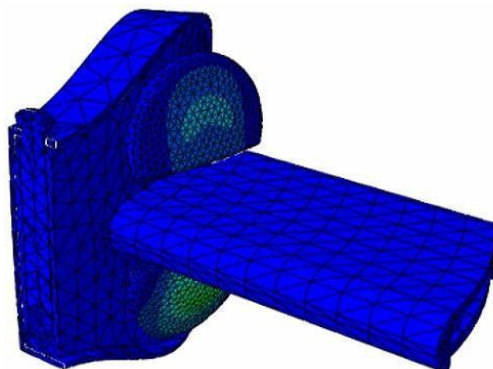
Figura 68 - Distribuição das tensões de von Mises na frente (A) e verso (B) do aparelho



Fonte: próprio autor

Na próxima visualização, é possível perceber que não existe nenhum valor significativo de tensão no Pino de Travamento, o que não requer preocupação de reforço nesta peça durante a utilização do aparelho (Figura 69).

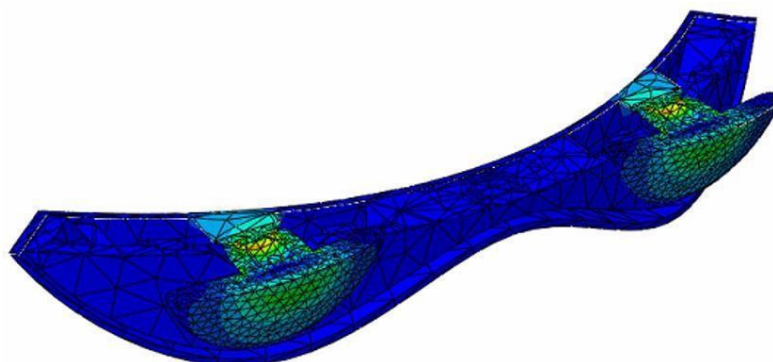
Figura 69 - Tensão no pino de travamento



Fonte: próprio autor

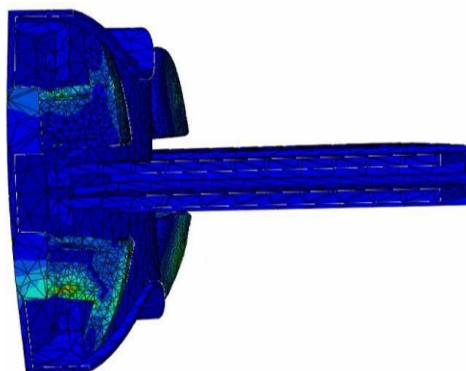
Nas duas próximas Figuras, 70 e 71, é possível perceber onde estão as maiores tensões.

Figura 70 - Corte horizontal com a visualização das maiores tensões no aparelho



Fonte: próprio autor

Figura 71 - Corte vertical com a visualização das maiores tensões no aparelho

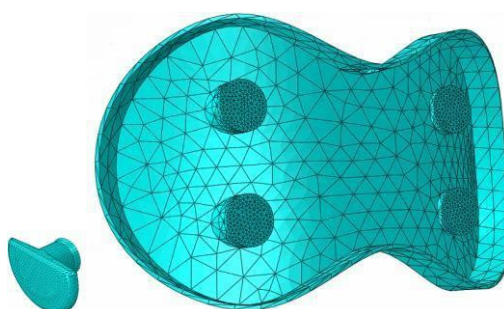


Fonte: próprio autor

3.2.1.1 Refinamento da malha

Para uma melhor aproximação do resultado, foi refinada a malha nos pontos de maior tensão do Pino do Sensor e do ressalto da Tampa da peça, Figura 72. Foi estipulada a mesma malha para que os pontos das duas partes coincidissem. O refinamento foi progressivo até que não se visualizasse mais alteração no resultado. O tamanho da malha nesta área de contato foi de 0,5 mm.

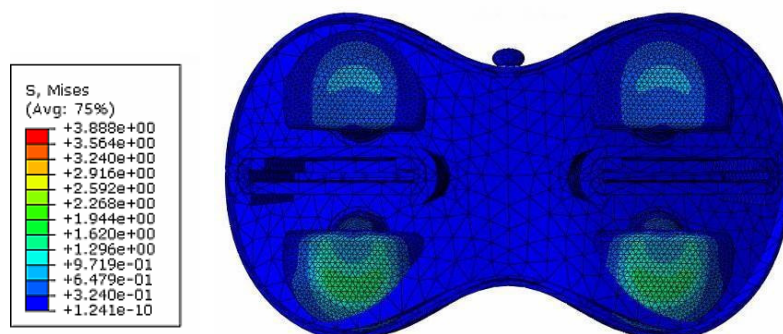
Figura 72 - Refinamento da malha nos pontos de maior exigência de carga na aplicação do aparelho



Fonte: próprio autor

Mesmo com o refinamento da malha nos pontos de maior exigência de carga na aplicação do aparelho, as tensões calculadas indicam que o instrumento resiste com facilidade com a tensão solicitada e não haverá problemas estruturais na utilização do aparelho. O valor de 3,88 MPa é muito inferior à tensão de escoamento do material 53,93 MPa (Figura 73).

Figura 73 - Corte vertical com a visualização das maiores tensões no aparelho



Fonte: próprio autor

As maiores tensões localizaram-se na região que relaciona o Pino do Sensor sobre a Tampa externa e, mesmo assim, estas tensões satisfazem adequadamente a resistência do material utilizado.

Com todas as simulações computacionais, foi possível verificar o desempenho estrutural do novo instrumento tanto em queda, quanto em aplicação na cavidade oral. A partir dessas simulações, foi possível definir a forma arredondada e a espessura de 2 mm para atender ao requisito de resistência da peça e, posteriormente, verificar as tensões na utilização do instrumento de reabilitação labial. Após essa definição da geometria e estabelecidas as medidas do aparelho, foram adicionados mecanismos para facilitar os exercícios labiais, adequações para encaixar os sensores em quatro pontos, para que seja mensurada a força labial em pontos distintos do orbicular da boca. Foram introduzidos pinos receptores para captação da força muscular, e por fim, realizada a conexão do aparelho a uma mídia eletrônica, para converter as forças em deslocamentos em jogos digitais.

Sensores

O desenvolvimento do novo instrumento de terapia labial objetivou encontrar um mecanismo que, vinculado a sensores, possibilitasse exercitar os lábios (restabelecendo o tônus/tensão muscular) e mensurasse objetivamente a força do músculo orbicular da boca, visando auxiliar nos estágios de diagnóstico, prognóstico e principalmente no acompanhamento terapêutico.

Para medição da força foram utilizados quatro **sensores internos à cavidade oral**, estrategicamente situados. Os valores das forças extremas encontrados foram de **0,0001 N a 31,0 N** (conforme a seção 2.2.2 - Métodos objetivos de avaliação de força dos lábios). Abaixo serão analisadas as melhores opções no mercado para sensores de detecção de força (FSR - *Force Sensing Resistor*), sendo analisados somente os transdutores com dimensões reduzidas (próximas a $1\pm 0,5$ cm) de cada empresa encontrada. Além das medidas do sensor, é fundamental analisar a faixa de sensibilidade da força, para que este abranja todas as possíveis forças realizadas pelos lábios e a corrente máxima suportada pelo transdutor. Outro aspecto muito importante é a temperatura em que o sensor atua sem afetar a leitura da força utilizada. A flexibilidade do sensor, também se faz necessária para moldar-se à forma anatômica do

instrumento, e ainda, que seja possível adaptar-se para adequação de quatro sensores no mesmo aparelho.

Além das características acima, outros aspectos são necessários para a escolha do sensor. O desvio de não linearidade de um transdutor consiste em um parâmetro que expressa o quanto a sua curva característica se desvia da curva de calibração; quanto menor o valor, melhor será a sua resposta. Já a repetibilidade é a capacidade de um instrumento repetir a mesma medida para um dado valor quando uma mesma entrada é aplicada algumas vezes; quanto maior o valor melhor a qualidade do sensor. E por fim, a histerese: para que o sensor esteja alinhado, o valor deverá ser o menor possível, na medida da diferença entre os valores do mesmo ponto na subida (crescente) e na descida (decrecente) (JOSEPH; BROWN, 2000).

Sensor ThruMode FSR ½ polegada da Sensitronics

Trata-se de um sensor de força de zona única de área ativa de 0,5 polegadas, sensível a pequenas forças (Figura 74).

Figura 74 - Imagem do sensor ThruMode RSR ½” da Sensitronics®



FONTE- <https://www.sensitronics.com/>, disponível em 27/10/19

Os parâmetros analisados foram:

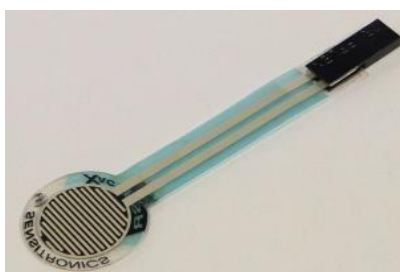
- Tamanho do sensor: diâmetro de 0,5” (12,7 mm)
- Espessura do sensor: 0,017” (0,432 mm)
- Faixa de sensibilidade da força: 0,25 a 6 libras (1,11 a 26,69 N)
- Corrente máxima: 0,5 mA
- Faixa de temperatura: -15 a 200°F (-26 a 93°C).
- Flexibilidade: não informado

- Repetibilidade: 5%
- Histerese: não informado

Sensor FSR ShuntMode ½ polegada da Sensitronics

Trata-se de um sensor de força de zona única de área ativa de 0,5 polegada. Mede uma ampla gama de valores (Figura 75).

Figura 75 - Imagem do sensor FSR ShuntMode ½” da Sensitronics®



FONTE- <https://www.sensitronics.com/>, disponível em 27/10/19

Os parâmetros analisados foram:

- Tamanho do sensor: diâmetro de 0,5” (12,7 mm)
- Espessura do sensor: 0,017” (0,432 mm)
- Faixa de sensibilidade da força: 8 a 16 libras (35,58 a 75,17 N)
- Corrente máxima: 0,5 mA
- Faixa de temperatura: -15 a 200°F, (-26 a 93°C)
- Flexibilidade: não informado
- Repetibilidade: < 5%
- Histerese: não informado

Sensor FSR 400 da Interlink Electronics

Trata-se de um sensor para detecção de força de zona única (Figura 76).

Figura 76 - Imagem do sensor FSR 4000 da Interlink Electronics®



FONTE: <https://www.sensitronics.com/>, disponível em 28/10/19

Os parâmetros analisados foram:

- Tamanho do sensor: diâmetro de 5,1 mm
- Espessura do sensor: não informado
- Faixa de sensibilidade da força: 0,1 N a 20 N
- Corrente máxima: não informado
- Faixa de temperatura: não informada
- Flexibilidade: não informado
- Repetibilidade: não informado
- Histerese: não informado

Sensor FlexiForce A201 da Tekscan

O A201 é um sensor de força piezoresistivo fino e flexível que está disponível para comercialização e prototipagem (Figura 77).

Figura 77 - Imagem do sensor FlexiForce A201 da Tekscan®



FONTE- <https://www.tekscan.com/>, disponível em 29/10/19

Os parâmetros analisados foram:

- Tamanho do sensor: diâmetro de 9,53 mm

- Espessura do sensor: 0,203mm
- Faixa de sensibilidade da força: disponíveis em três faixas de força - baixa 0 a 4,4 N, média 0 a 111 N e alta 0 a 445 N
- Corrente máxima: 2,5 mA
- Faixa de temperatura: não informado
- Flexibilidade: bem flexível
- Repetibilidade: <2,5%
- Histerese: <4,5%

Dos sensores encontrados, somente o sensor FlexiForce A201, de sensibilidade mediana, possui uma abrangência de detecção de força que atende aos valores de **0,0001 N a 31,0 N**, pré-definidos para o novo instrumento de terapia labial. Apesar do ThruMode FSR ½ alcançar valores mais próximos (1,11 a 26,69 N) este não detecta valores pequenos ou altos da força do orbicular da boca quanto necessário. Embora o FlexiForce A201 ultrapasse exageradamente a força labial, ele se faz o mais adequado. Outra vantagem desse sensor em relação aos outros é ser o único a especificar a flexibilidade como um diferencial. Quanto aos outros parâmetros, quando informados, são atendidos igualmente em todos os sensores.

Sistema de aquisição de dados e tratamento do sinal

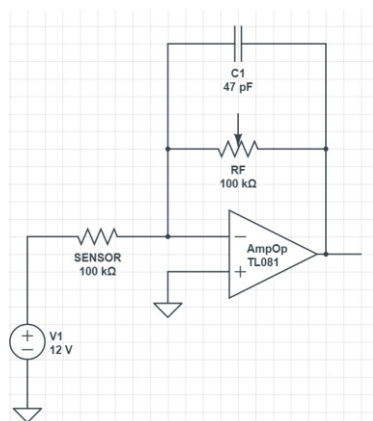
Como visto na seção anterior, o sensor FlexiForce A201, foi escolhido para determinar a intensidade da força aplicada. O princípio de funcionamento deste sensor está na variação da sua resistência ao ser deformado pela aplicação de uma força, na sua região de operação. A variação da resistência pode ser medida de duas formas, pela medição direta da resistência utilizando um ohmímetro ou pela variação da tensão quando o sensor é percorrido por uma corrente. O segundo método é baseado na Lei de Ohm (Equação 2) e também é o mais indicado.

$$V = R \times i \tag{2}$$

Onde, **V** é tensão aplicada, **R** é a resistência do material e **i** é a corrente que percorre a resistência. Se a corrente **i** for constante então a tensão **V** irá variar conforme a resistência **R** varia. Esta variação pode ser linear de acordo com o material resistivo (depende de R). A medição da variação da tensão e conseqüentemente a variação da força aplicada ao sensor é

medida por meio de um circuito elétrico que faz o condicionamento do sinal. A Figura 78 a seguir mostra o circuito condicionador do sinal para um sensor FSR.

Figura 78 - Circuito condicionador do sinal para um sensor FSR



Fonte: próprio autor

No circuito da Figura 78, a variação da tensão é amplificada e passa por uma etapa de filtragem, utilizando um amplificador operacional modelo TL081. Como o aparelho utiliza quatro sensores, foram desenvolvidos quatro circuitos condicionadores de sinal.

Uma vez de posse dos quatro sinais já amplificados e condicionados, estes sinais precisaram ser convertidos de sua forma analógica (contínua) para uma forma digital (discreta) que será processada por um computador. A conversão analógica para digital ou A/D foi executada dentro de um microprocessador modelo ATMEGA328, integrado na plataforma de desenvolvimento Arduino UNO (Figura 79).

Figura 79 - Plataforma de desenvolvimento Arduino UNO

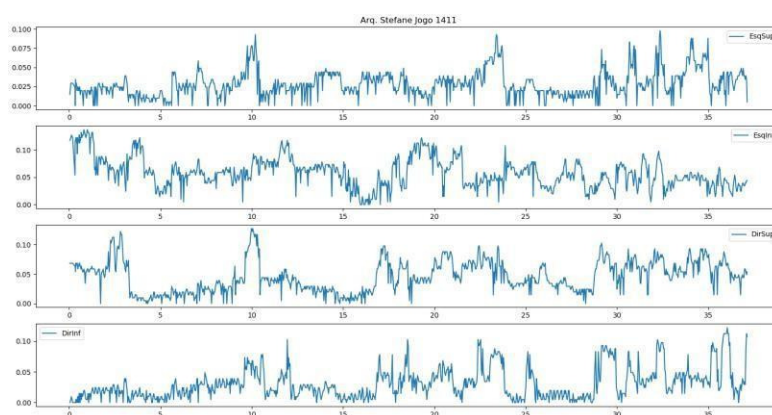


Fonte: <https://store.arduino.cc/usa/arduino-uno-rev3>

A plataforma do Arduino UNO possui um conversor A/D de 10 bits em seis canais. Dos seis canais disponíveis, quatro foram utilizados para converter as tensões dos sensores. O Arduino UNO foi então programado para fazer a conversão dos quatro sinais e disponibilizar na porta serial os respectivos valores.

A Figura 80 mostra os dados coletados durante um ensaio com duração de 37 segundos. Neste intervalo foram coletados 1028 pontos por cada sensor a uma taxa de aproximadamente 30 Hz.

Figura 80 - Dados coletados durante um ensaio com duração de 37 segundos



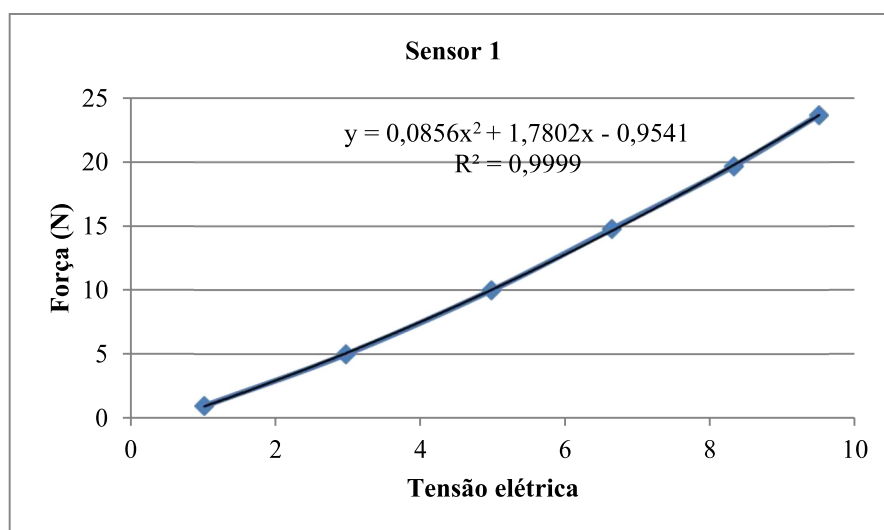
Fonte: próprio autor

Na Figura 79, são apresentados os sinais respectivamente da porção superior esquerda, inferior esquerda, superior direita e inferior direita. Os eixos dos gráficos são respectivamente os valores de tensão dos sensores no eixo das ordenadas e o tempo do ensaio no eixo das abscissas.

Calibração do sistema

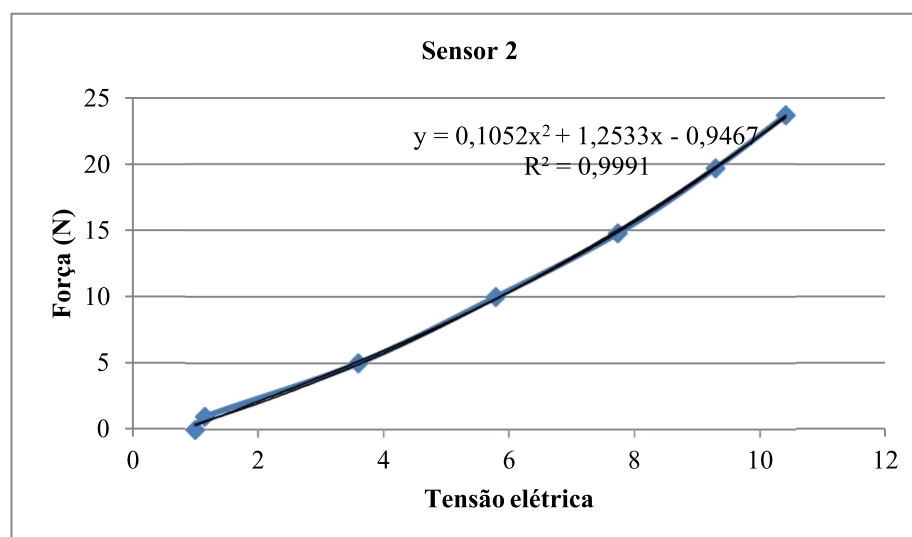
Para calibrar cada sensor, foram aplicadas forças conhecidas, e equiparou-se o valor de saída, em tensão, com estas forças. Este passo foi repetido oito vezes para cada força conhecida. Utilizou-se um suporte com base de igual diâmetro à área sensível do sensor, sobre o qual foram posicionados pesos de calibração. Cada sensor foi calibrado para um faixa de força entre 0 e 25 N. As Figuras 81 a 84 apresentam as curvas de calibração obtidas para cada sensor.

Figura 81 - Curva de calibração do sensor 1



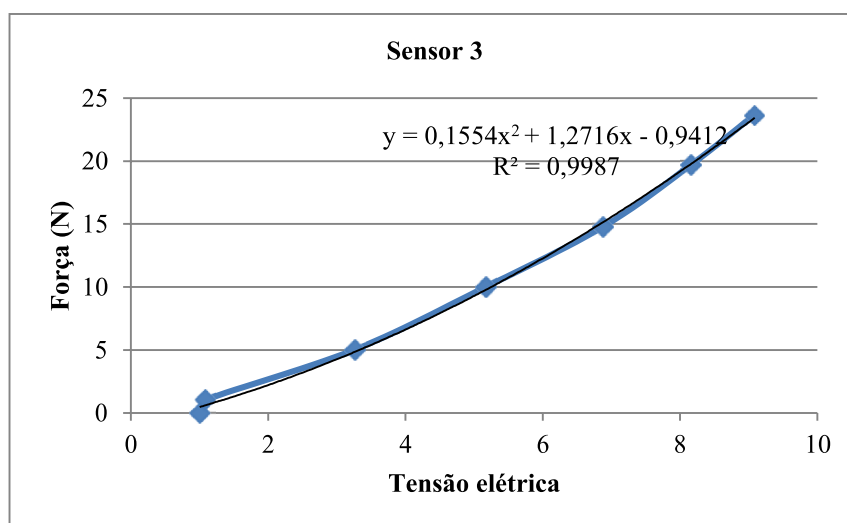
Fonte: próprio autor

Figura 82 - Curva de calibração do sensor 2



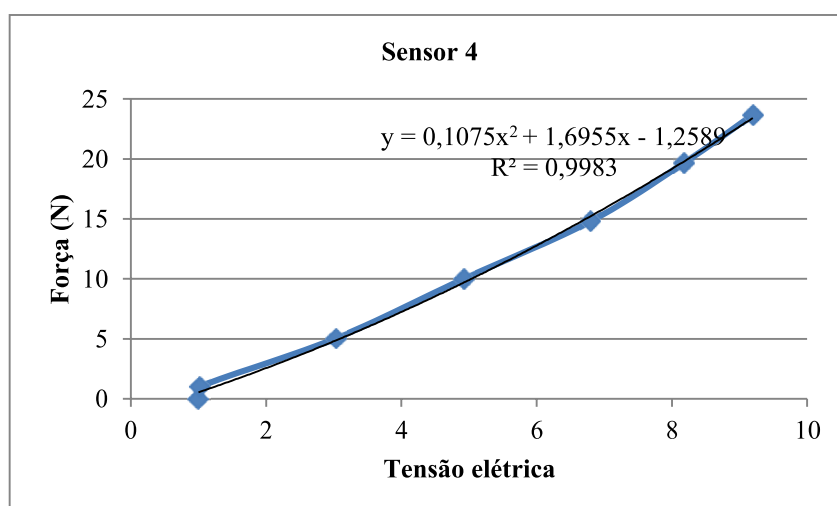
Fonte: próprio autor

Figura 83 - Curva de calibração do sensor 3



Fonte: próprio autor

Figura 84 - Curva de calibração do sensor 4



Fonte: próprio autor

Foram adicionadas linhas de tendência polinomial, cuja qualidade do ajuste foi melhor do que as linhas de tendência linear. Os polinômios obtidos por meio das curvas de calibração, apresentados nas figuras acima descrevem, em estado estacionário, a relação entre o padrão utilizado na calibração e a saída elétrica do sensor, sendo que y é a força, medida em newton, e x é valor da tensão elétrica.

O Quadro 3 mostra as incertezas expandidas obtidas na calibração, sendo consideradas altas para a faixa de força até 15 N.

Quadro 3 - Incertezas expandidas dos sensores

Força (N)	Sensor 1		Sensor 2		Sensor 3		Sensor 4	
	Saída média	U95%	Saída média	U95%	Saída média	U95%	Saída média	U95%
0	1	0	1	0	1	0	1	0
5	2,97	125,60	3,60	81,05	3,26	112,10	3,03	100,16
10	4,98	76,45	5,79	37,89	5,17	52,30	4,93	15,95
14,8	6,64	38,60	7,74	35,69	6,88	20,70	6,79	27,00
19,7	8,32	7,06	9,29	11,33	8,16	12,05	8,18	16,31
23,7	9,49	6,15	10,41	6,23	9,09	7,35	9,19	7,15

U = incerteza de medição expandida, corresponde a uma probabilidade de abrangência de aproximadamente 95%

N = newton

Jogos digitais

O jogo utilizado nesta pesquisa foi desenvolvido em colaboração com os alunos do curso de Jogos Digitais da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais. Consistia de uma tartaruga que se movia na tela para cima e para baixo. O objetivo do jogo era alcançar os alvos (animais marinhos) no sentido para cima (aumentando-se a força dos lábios) ou para baixo (diminuindo-se a força labial).

O primeiro procedimento do *software* foi denominado Calibração. Nesta etapa, o indivíduo era solicitado a realizar a máxima força labial, comprimindo os lábios contra o instrumento posicionado no vestíbulo oral, por quatro vezes. Ao exercer força com os lábios sobre o equipamento, a bola amarela indicada na Figura 85 movia-se para patamares mais altos no medidor. O indivíduo tinha 25 segundos para completar essa tarefa. A inclusão desta etapa, prévia ao jogo, foi necessária porque o nível de dificuldade do jogo baseou-se na força que o indivíduo era capaz de realizar, sendo os alvos atingidos quando o indivíduo realizava uma porcentagem predeterminada da sua força labial máxima. Sendo assim, nesta etapa, era obtida a força máxima exercida pelo indivíduo nos quatro sensores do equipamento e o software utilizava essa informação para calcular a força necessária para o indivíduo alcançar os alvos do jogo.

Figura 85 - Etapa de calibração do jogo



Fonte: próprio autor

A segunda etapa do jogo era o Tutorial (Figura 86). Trata-se de uma etapa de treino, com duração de 20 segundos, não sendo atribuída qualquer pontuação aos indivíduos nessa etapa.

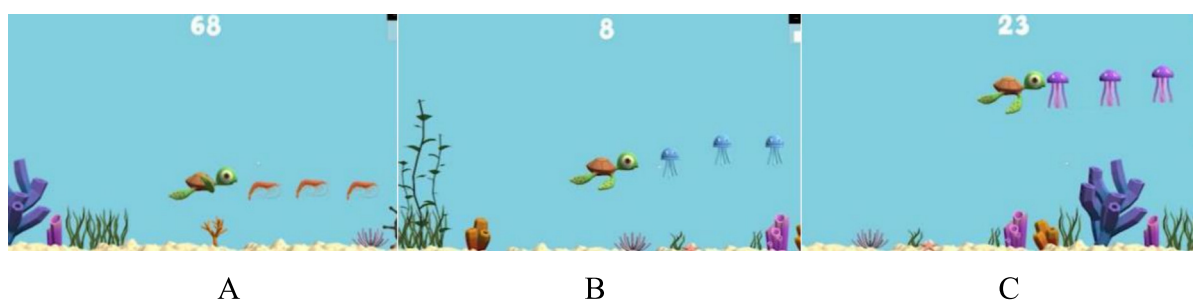
Figura 86 - Etapa tutorial do jogo



Fonte: próprio autor

Na sequência, o indivíduo tinha acesso ao jogo propriamente dito, com alvos que deveriam ser alcançados em três patamares de força: primeiro patamar com 15% da força máxima, segundo patamar com 30% da força máxima e terceiro patamar com 45% da força máxima (Figura 87). Estas porcentagens eram passíveis de ajustes pelo fonoaudiólogo previamente. Para esta pesquisa, especificamente, estes foram os valores de porcentagem da força máxima utilizados, os quais foram estabelecidos arbitrariamente.

Figura 87 - Imagem do jogo com alvos no primeiro patamar (A), segundo patamar (B) e terceiro patamar (C) de força



Fonte: próprio autor

Para atingir cada um destes alvos o indivíduo precisava exercer a força (na quantidade correta) e manter por 1 segundo. O fonoaudiólogo também tinha acesso e podia intervir na distribuição dos alvos ao longo do jogo. Para esta pesquisa utilizou-se a seguinte distribuição apresentada no Quadro 4.

Quadro 4 - Organização dos alvos ao longo do jogo

Patamar do alvo	Tempo em segundos
1	1
Repouso	1
2	1
Repouso	1
3	1
Repouso	1
2	1
Repouso	1
1	1
1	1
1	1
2	1
2	1
2	1
3	1
3	1
3	1
Repouso	1
2	1
Repouso	1
1	1
1	1
1	1
2	1
2	1
2	1
3	1
3	1
3	1

Para cada alvo atingido o indivíduo recebia pontuação, que variava conforme o nível de dificuldade do alvo: dois pontos por alvo de patamar 1, cinco pontos por alvo de patamar 2 e 10 pontos por alvo de patamar 3.

Relatório de desempenho do paciente

Os jogos computacionais desenvolvidos geram dados que permitem ao fonoaudiólogo preencher um relatório de desempenho do paciente (Apêndice 1). Este relatório contempla dados do paciente (nome, idade e data) e dados do jogo, sendo consideradas importantes as seguintes informações:

- **Força máxima:** maior força, em newton, realizada pelo paciente durante o jogo;
- **Força mínima:** menor força, em newton, realizada pelo paciente durante o jogo;
- **Força média:** média de todas as forças, em newtons, realizada pelo paciente durante o jogo;
- **Quantidade de vezes em que a força foi alcançada:** número de vezes em que o indivíduo foi capaz de atingir a força solicitada no jogo;
- **Tempo máximo de sustentação da contração muscular:** maior tempo, em segundos, que o paciente foi capaz de manter pressionados os pinos de interface dos lábios durante o jogo;
- **Tempo médio de sustentação da contração muscular:** média do tempo, em segundos, que o paciente foi capaz de manter pressionados os pinos de interface dos lábios durante o jogo;
- **Tempo mínimo de sustentação da contração muscular:** menor tempo, em segundos, que o paciente foi capaz de manter pressionado os pinos de interface dos lábios durante o jogo;
- **Quantidade de vezes que a sustentação se manteve completa:** número de vezes que o paciente foi capaz de manter pressionados os pinos de interface dos lábios durante o tempo estipulado.

O modelo desse relatório passou por um processo de validação de conteúdo, que será apresentado na próxima seção.

Metodologia da coleta de dados

Foi realizado um estudo exploratório observacional transversal, com abordagem descritiva e amostra de conveniência, dividido em três etapas. A primeira referiu-se à avaliação do método

para reabilitação da força dos lábios por profissionais da área de Motricidade Orofacial e/ou Disfagia. A segunda etapa consistiu em um teste piloto com adultos para prévia verificação da funcionalidade do instrumento. A terceira etapa consistiu de testes com crianças em atendimento fonoaudiológico no Ambulatório de Fonoaudiologia do Hospital das Clínicas da UFMG. O estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal de Minas Gerais (número de aprovação: CAAE 13318719.9.0000.5149).

Avaliação do instrumento por profissionais das áreas de Motricidade Orofacial e Disfagia

Para esta etapa da pesquisa, a amostra foi composta por cinco fonoaudiólogos, com idades entre 27 e 52 anos, média de idade de 37,8 anos, com experiência na área de Motricidade Orofacial e/ou Disfagia de pelo menos três anos, com publicações em revistas de referência e/ou em congressos da área. Os critérios de inclusão dos fonoaudiólogos nessa pesquisa basearam-se nas recomendações de Grant e Davis (1997) para a escolha de *experts* para validação de conteúdo de um instrumento.

Constituíram os critérios de inclusão: experiência de pelo menos três anos na área de Motricidade Orofacial e/ou Disfagia, apresentar publicações em revistas de referência na área e/ou em congressos, estar atuando na área de Motricidade Orofacial e/ou Disfagia no momento, aceitar participar da pesquisa, assinar o termo de consentimento livre e esclarecido (TCLE) (Apêndice 2). Constituíram critérios de exclusão não responder a todas as questões dos formulários apresentados.

Foi agendada, com cada fonoaudiólogo participante, uma conversa em que a autora da pesquisa apresentou o método, explicou o mecanismo de funcionamento do instrumento, apresentou os jogos que foram desenvolvidos e todos os parâmetros dos jogos passíveis de ajustes pelo fonoaudiólogo. Em seguida, o instrumento foi higienizado com álcool 70% e coberto com filme plástico. O fonoaudiólogo participante encaixou o instrumento em sua própria cavidade oral para que fosse realizado um teste, que consistiu na realização do jogo descrito na seção 3.6.

Na sequência, ao fonoaudiólogo foi solicitado responder a três questionários, sendo um para verificação da aplicabilidade do instrumento na reabilitação da força dos lábios (Apêndice 3), outro para avaliação da representatividade de cada item do relatório de desempenho do paciente

(para validação de conteúdo desse relatório) e outro para verificação da usabilidade e aceitabilidade do instrumento de reabilitação labial.

O questionário sobre a aplicabilidade do instrumento na reabilitação da força dos lábios continha 13 perguntas sobre a compatibilidade dos exercícios com o aparelho, comparados aos exercícios convencionais utilizados no tratamento fonoaudiológico, bem como sobre a facilidade de operação do instrumento, conforto, facilidade de realizar os movimentos solicitados e utilidade do instrumento para a Fonoaudiologia. Os profissionais foram incentivados a sugerir modificações. Os dados referentes às respostas dos profissionais para a aplicabilidade do instrumento na reabilitação da força dos lábios, bem como sobre a efetividade, eficiência e satisfação do instrumento foram organizados em uma planilha do Microsoft® Excel e analisados de maneira descritiva.

Para a validação de conteúdo do relatório de desempenho do paciente, os profissionais participantes, responderam a um questionário (Apêndice 4) em que cada item do relatório de avaliação do desempenho do paciente, bem como o conjunto de itens do instrumento como um todo, foram julgados quanto à sua representatividade (relevância em relação ao domínio de interesse) por meio de uma escala ordinal de 1 a 4 como recomendado por Grant e Davis (1997) e Polit e Beck (2006). Nessa escala, a pontuação 1 indica que o item não é representativo, 2 indica que o item é pouco representativo, 3 indica que o item é suficientemente representativo e 4 indica que o item é altamente representativo. As opções de resposta três e quatro foram consideradas adequadas. O IVC de cada item foi calculado como o número de especialistas que forneceu a classificação 3 ou 4 ao item, dividido pelo número total de especialistas. O valor inferior a 0,78 indica que o item não é relevante para o domínio de interesse (POLIT; BECK, 2006). O IVC para o conjunto de itens foi calculado pela média dos valores de IVC de cada item. O valor mínimo para que o instrumento seja adequado ao seu domínio de interesse é 0,8 (Grant e Davis, 1997).

Os profissionais também foram solicitados a avaliar a clareza dos itens (possibilidade de compreensão da sua redação pelos fonoaudiólogos que vierem a utilizar o instrumento) e a sugerir modificações, propor a adição e/ou a exclusão de itens e a apontar qualquer sugestão que julgar pertinente.

Para avaliação da usabilidade e aceitabilidade do instrumento foi utilizada a ferramenta *System Usability Scale* (SUS) (Anexo 1). O SUS é considerado uma ferramenta robusta e eficaz para

avaliar usabilidade de produtos, sendo frequentemente empregado para avaliação de softwares e páginas da Web (MARTINS *et al.*, 2015; LLORENS *et al.*, 2015). Trata-se de um questionário autoaplicável, composto por 10 afirmativas pontuadas em escala de *likert*, onde 1 significa discordo fortemente e 5 concordo fortemente. Para calcular a pontuação total, soma-se o escore de cada item. Para os itens ímpares (1, 3, 5, 7 e 9), o escore individual é a nota recebida menos 1. Para os itens pares (2, 4, 6, 8 e 10), a contribuição é 5 menos a nota recebida. Na sequência multiplica-se a soma de todos os escores por 2,5 (MARTINS *et al.*, 2015). A pontuação total varia de 0 a 100, sendo 68 o ponto de corte. Dessa forma, valores acima de 68 indicam boa usabilidade (MARTINS *et al.*, 2015; FIGUEIREDO *et al.*, 2017).

– Testes com adultos

Da segunda etapa da pesquisa, participaram 11 indivíduos adultos, saudáveis, sendo seis do sexo feminino e cinco do masculino, com idades entre 20 e 41 anos, média de 25,3 anos e desvio padrão de 7,4 anos. Constituíram os critérios de inclusão: idade entre 18 e 70 anos, apresentar todos os dentes incisivos centrais e laterais, para apoio no mordedor, não apresentar comprometimentos cognitivos ou visuais que pudessem alterar a realização do teste, transtornos invasivos do desenvolvimento ou paralisia completa dos lábios e assinar o TCLE (Apêndice 5). O critério de exclusão foi não realizar alguma atividade determinada pelo pesquisador.

O instrumento foi apresentado ao indivíduo adulto, em seguida higienizado com álcool 70% e coberto por um filme plástico. Na sequência foi encaixado na cavidade oral do indivíduo, que realizou a atividade do jogo descrito na seção 3.6 por três vezes, com intervalo de dois minutos entre as tentativas. Após a atividade, o participante respondeu ao questionário sobre a usabilidade e aceitabilidade (SUS) do instrumento de reabilitação labial.

Os dados referentes à pontuação dos participantes no jogo foram apresentados, de maneira descritiva, pelos valores individuais, e pela média e desvio padrão do grupo, para cada tentativa. Os dados de aceitabilidade e usabilidade também foram analisados de maneira descritiva.

– Testes com crianças

Na terceira etapa, participaram nove crianças, com idades entre 7 e 12 anos, média de idade de 10,7 anos e desvio padrão de 1,6 anos, sendo cinco do sexo feminino e quatro do masculino. Cinco das crianças apresentavam alteração da tensão de lábios e quatro não apresentavam alteração. As crianças com alterações de tensão de lábios foram recrutadas dentre aquelas em acompanhamento no Ambulatório do Respirador Oral do Hospital das Clínicas da UFMG, enquanto as crianças sem alterações de tensão labial foram recrutadas no Ambulatório de Fonoaudiologia do HC-UMFG dentre aquelas em atendimentos diversos, exceto Motricidade Orofacial. Constituíram os critérios de inclusão estar em atendimento fonoaudiológico no Ambulatório de Fonoaudiologia do Hospital das Clínicas da UFMG, ter idades entre 7 e 12 anos, apresentar todos os dentes incisivos centrais e laterais, não apresentar comprometimentos cognitivos que pudessem alterar a realização do teste ou transtornos invasivos do desenvolvimento, comprometimentos visuais, paralisia completa dos lábios, assinar o termo de assentimento da criança/adolescente (Apêndice 6) e seus pais ou responsáveis legais assinar o TCLE (Apêndice 7). O critério de exclusão foi não realizar alguma atividade determinada pelo pesquisador.

Primeiramente foi realizada uma avaliação clínica qualitativa dos lábios da criança (Anexo 2), onde foram avaliados, posição habitual, forma, comprimento do lábio superior, aspecto da mucosa, frênulo do lábio superior, mobilidade e tônus/tensão. Esta avaliação foi realizada pela pesquisadora juntamente com uma aluna de graduação em Fonoaudiologia. As questões foram retiradas do protocolo MBGR – Avaliação Miofuncional Orofacial (MARCHESAN *et al.*, 2012).

Após a avaliação clínica qualitativa, o instrumento foi apresentado à criança e ao seu responsável. Depois foi higienizado com álcool 70% e coberto por um filme plástico. Então foi encaixado na cavidade oral da criança, que realizou a atividade do jogo descrito na seção 3.6, por três vezes, com intervalo de dois minutos entre as tentativas (Figura 88). A criança foi, então, questionada sobre o conforto do instrumento, facilidade de realização dos movimentos e interesse pelo jogo. As perguntas (Apêndice 8) foram realizadas oralmente e as respostas anotadas imediatamente pela pesquisadora.

Figura 88 - Coleta de dados



Fonte: Próprio autor

Os dados da avaliação clínica dos lábios de cada criança e as opiniões das crianças foram descritas. Os dados referentes à pontuação de cada criança, em cada tentativa, foram apresentados de maneira descritiva, por medida de tendência central (média) e variabilidade (desvio-padrão).

4 RESULTADOS

Avaliação do instrumento por profissionais da área

Aplicabilidade do instrumento para a reabilitação da força dos lábios

O tempo de atuação das cinco profissionais que participaram desta etapa da pesquisa variou entre 3 anos e 6 meses a 30 anos. Quatro profissionais (80%) responderam que os exercícios realizados utilizando o instrumento são totalmente compatíveis com os exercícios convencionais que elas utilizam na terapia miofuncional e uma (20%) respondeu que são moderadamente compatíveis.

Três (60%) profissionais relataram nenhuma dificuldade para operar o instrumento e duas (40%) relataram pouca dificuldade, sendo que uma delas referiu-se ao tamanho do aparelho e a outra à dificuldade de realizar os movimentos. Duas (40%) profissionais não referiram dor ou desconforto, mas três (60%) referiram dor ou desconforto durante o uso do aparelho na cavidade oral.

Quando questionadas se tiveram dificuldade para realizar os movimentos de força e sustentação da contração, três (60%) relataram nenhuma dificuldade, uma (20%) disse ter sentido pouca dificuldade e uma (20%) relatou dificuldade moderada. Esta profissional disse que a dificuldade estava relacionada ao volume do instrumento, o que fez com que a maior parte de seu lábio ficasse para fora da região dos sensores, “*sendo difícil fazer força com a parte do vermelhão do lábio*”.

Com relação à pergunta que se referia a quanto a profissional pagaria pelo instrumento, três (60%) responderam que pagariam mais de 500 reais, uma respondeu até 500 reais e uma respondeu até 100 reais.

Todas as profissionais sugeriram modificações no instrumento, sendo que todas mencionaram necessidade de diminuição do tamanho do aparelho, duas sugeriram a retirada dos fios e uma sugeriu mudança do material.

Todas responderam que o instrumento pode ser usado para a reabilitação da força dos lábios, que o mesmo contribuirá para uma nova forma de reabilitação labial e que gostariam de tê-lo no seu trabalho.

Avaliação da usabilidade e aceitabilidade do instrumento pelos profissionais

A Tabela 1 apresenta as respostas das profissionais quanto à usabilidade e aceitabilidade do instrumento. A maioria disse concordar fortemente para a afirmativa “Eu utilizaria esse instrumento com frequência”, “O instrumento é fácil de usar”, “As diversas funções do instrumento foram bem integradas” e “As pessoas aprenderão a utilizar o instrumento facilmente” e disse discordar fortemente para as afirmativas “Preciso de ajuda para operar o instrumento”, “Existem muitas inconsistências no instrumento”, “O instrumento é muito complicado de usar” e “É preciso aprender muitas informações antes de usar o instrumento”. A questão 2 “O instrumento é desnecessariamente complexo” apresentou maior divergência de opiniões.

Tabela 1 - Avaliação da aceitabilidade e usabilidade do instrumento por profissionais da área

Participantes	Questão 1	Questão 2	Questão 3	Questão 4	Questão 5	Questão 6	Questão 7	Questão 8	Questão 9	Questão 10	Pontuação
Profissional 1	5	5	5	4	5	1	5	1	4	1	80
Profissional 2	5	2	4	1	4	2	5	1	4	1	87,5
Profissional 3	5	4	4	3	5	1	4	3	4	2	72,5
Profissional 4	5	2	5	1	5	1	5	1	4	3	90
Profissional 5	3	4	5	1	4	4	5	1	4	1	75

Questão 1 - Eu utilizaria esse instrumento com frequência; Questão 2 - O instrumento é desnecessariamente complexo; Questão 3 - O instrumento é fácil de usar; Questão 4 - Preciso de ajuda para operar o instrumento; Questão 5 - As diversas funções desse instrumento foram bem integradas; Questão 6 - Existem muitas inconsistências no instrumento; Questão 7 - As pessoas aprenderão a utilizar o instrumento facilmente; Questão 8 - O instrumento é muito complicado de usar; Questão 9 - Eu me senti muito confiante em utilizar o instrumento; Questão 10 - É preciso aprender muitas informações antes de usar o instrumento.

As pontuações individuais para aceitabilidade e usabilidade variaram de 75 a 90, com média de 81 e desvio padrão de 7,6.

Validação de conteúdo

A Tabela 2 apresenta as respostas dos profissionais quanto à representatividade dos itens do relatório de desempenho do paciente.

Tabela 2 - Avaliação da representatividade dos itens do relatório de desempenho do paciente

Profissional	Força Muscular				Tempo de Sustentação da Contração Muscular			
	Força Máxima	Força Mínima	Força Média	Quantidade de vezes que a força máxima foi alcançada	Tempo Máximo de Sustentação	Tempo Médio de Sustentação	Tempo Mínimo de Sustentação	Quantidade de Vezes que a Sustentação se manteve completa
Profissional 1	4	4	4	4	4	4	4	4
Profissional 2	4	2	4	4	4	3	2	4
Profissional 3	4	4	4	4	4	4	4	4
Profissional 4	4	4	4	3	4	4	4	3
Profissional 5	4	4	4	3	4	4	1	4
IVC	1	0,8	1	1	1	1	0,6	1

IVC: índice de validade de conteúdo.

O IVC ficou abaixo do preconizado apenas para a variável Tempo Mínimo de Sustentação, o que indica que tal variável não apresenta relevância para o domínio de interesse e, portanto pode ser retirada do relatório. O IVC para a parte de força muscular foi de 0,95, enquanto o IVC para Tempo de Sustentação da Contração muscular foi de 0,90. O IVC médio do instrumento foi de 0,92, o que o torna adequado ao domínio de interesse. Todos os profissionais classificaram os itens acima como bem redigidos.

Testes com adultos

Foram extraídas as pontuações de nove dos onze adultos que participaram desta etapa. As pontuações de dois participantes não foram recuperadas. Observou-se que a média das pontuações dos participantes foram iguais para a primeira e segunda tentativas e aumentou na terceira tentativa (Tabela 3).

Tabela 3 - Pontuações dos participantes nas três tentativas do jogo

Participante	Sexo	Idade	Pontuação		
			1ª tentativa	2ª tentativa	3ª tentativa

Participante 1	M	41	103	129	129
Participante 2	F	25	93	103	127
Participante 3	F	39	129	73	70
Participante 4	F	22	108	92	70
Participante 5	F	23	124	127	119
Participante 6	M	22	116	129	119
Participante 7	M	23	-	-	-
Participante 8	M	21	-	-	-
Participante 9	F	21	105	105	112
Participante 10	F	20	69	73	110
Participante 11	M	21	103	119	127
Média			105,6	105,6	109,2
Desvio Padrão			17,7	22,5	23,2

M: masculino; F: feminino

A Tabela 4 apresenta as respostas dos participantes quanto à usabilidade e aceitabilidade do instrumento.

Tabela 4 - Avaliação da aceitabilidade e usabilidade do instrumento pelos participantes adultos

Participantes	Questão 1	Questão 2	Questão 3	Questão 4	Questão 5	Questão 6	Questão 7	Questão 8	Questão 9	Questão 10	Pontuação
Participante 1	5	1	5	2	3	2	5	1	4	2	85
Participante 2	4	1	4	4	5	1	5	1	5	1	87,5
Participante 3	3	2	4	4	4	2	4	2	3	2	65
Participante 4	5	1	5	1	4	1	5	1	4	1	95
Participante 5	5	1	5	1	5	1	5	1	5	1	100
Participante 6	5	1	4	4	5	1	5	1	5	4	82,5
Participante 7	5	1	5	1	5	1	5	1	5	1	100
Participante 8	5	1	5	1	5	1	5	1	5	1	100
Participante 9	5	1	5	1	5	1	5	1	5	1	100
Participante 10	5	1	4	4	5	1	5	1	4	1	87,5
Participante 11	5	1	5	1	5	1	5	1	5	1	100

Questão 1 - Eu utilizaria esse instrumento com frequência; Questão 2 - O instrumento é desnecessariamente complexo; Questão 3 - O instrumento é fácil de usar; Questão 4 - Preciso de ajuda para operar o instrumento; Questão 5 - As diversas funções desse instrumento foram bem integradas; Questão 6 - Existem muitas inconsistências no instrumento; Questão 7 - As pessoas aprenderão a usar o instrumento facilmente; Questão 8 - O instrumento é muito complicado de usar; Questão 9 - Eu me senti muito confiante em utilizar o instrumento; Questão 10 - É preciso aprender muitas informações antes de usar o instrumento.

A maioria dos participantes respondeu que concorda fortemente para as afirmativas “Eu utilizaria esse instrumento com frequência”, “O instrumento é fácil de usar”, “As diversas funções desse instrumento foram bem integradas”, “Eu me senti muito confiante em utilizar o instrumento” e “As pessoas aprenderão a usar o instrumento facilmente” e que discorda fortemente para as afirmativas “O instrumento é desnecessariamente complexo”, “Existem muitas inconsistências no instrumento”, “O instrumento é muito complicado de usar” e “É

preciso aprender muitas informações antes de usar o instrumento”. A afirmativa com maior divergência de opiniões foi “Preciso de ajuda para operar o instrumento” (Tabela 4).

As pontuações individuais para aceitabilidade e usabilidade variaram de 65 a 100, com média de 91,1 e desvio padrão de 11,0.

Testes com crianças

As Tabelas 5 e 6 apresentam os dados de identificação e da avaliação clínica dos lábios das crianças com e sem alteração da tensão de lábios, respectivamente.

Tabela 5 - Dados de identificação e da avaliação clínica dos lábios das crianças com alteração da tensão de lábios

Participante	Participante 1	Participante 2	Participante 3	Participante 4	Participante 5
Idade	7	10	12	12	10
Sexo	Masculino	Masculino	Masculino	Feminino	Feminino
Exame extraoral de lábios					
Posição habitual	Abertos*	Fechados	Fechados	Fechados	Fechados
Forma superior	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal
Forma inferior	Eversão acentuada*	Eversão acentuada*	Eversão discreta*	Normal	Eversão discreta*
Comprimento do superior	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal
Mucosa externa	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal
Exame intraoral de lábios					
Mucosa interna	Normal	Normal	Marcas dentárias*	Normal	Normal
Frênulo superior - Fixação	Adequada	Adequada	-	Adequada	Adequada
Frênulo superior - Espessura	Grosso*	Adequada	-	Adequada	Adequada
Mobilidade					
Protrair fechados	Adequada	Adequada	Adequada	Adequada	Adequada
Retrair fechados	Adequada	Adequada	Adequada	Adequada	Adequada
Protrair abertos	Adequada	Adequada	Adequada	Adequada	Adequada
Retrair abertos	Adequada	Adequada	Adequada	Adequada	Adequada
Protrair fechados à direita	Adequada	Pequena alteração*	Pequena alteração*	Pequena alteração*	Adequada
Protrair fechados à esquerda	Adequada	Adequada	Pequena alteração*	Adequada	Adequada
Estalar protraídos	Adequada	Adequada	Adequada	Adequada	Adequada
Estalar retraídos	Adequada	Adequada	Adequada	Adequada	Adequada
Tônus					
Lábio Superior	Alterado*	Normal	Alterado*	Alterado*	Alterado*
Lábio Inferior	Alterado*	Alterado*	Alterado*	Alterado*	Alterado*

*Alterações identificadas

Tabela 6 - Dados de identificação e da avaliação clínica dos lábios das crianças sem alteração da tensão de lábios

Participante	Participante 6	Participante 7	Participante 8	Participante 9
Idade	12	10	11	12
Sexo	Masculino	Feminino	Feminino	Feminino
Exame extraoral				
Posição Habitual	Fechados	Fechados	Fechados	Entreabertos*
Forma Superior	Normal	Normal	Normal	Normal
Forma Inferior	Normal	Normal	Eversão discreta*	Normal
Comprimento do Superior	Normal	Normal	Normal	Normal
Mucosa Externa	Normal	Normal	Normal	Normal
Exame intraoral				
Mucosa Interna	Normal	Normal	Normal	Ferida
Frênulo Superior – Fixação	Adequada	Adequada	Adequada	Adequada
Frênulo Superior – Espessura	Adequada	Adequada	Adequada	Adequada
Mobilidade				
Protrair fechados	Adequada	Adequada	Adequada	Adequada
Retrair fechados	Adequada	Adequada	Adequada	Adequada
Protrair abertos	Adequada	Adequada	Adequada	Adequada
Retrair abertos	Adequada	Adequada	Adequada	Adequada
Protrair fechados à D	Adequada	Adequada	Grande alteração*	Adequada
Protrair fechados à E	Adequada	Adequada	Adequada	Adequada
Estalar protraídos	Adequada	Adequada	Adequada	Adequada
Estalar retraídos	Adequada	Adequada	Adequada	Adequada
Tônus				
Lábio Superior	Normal	Normal	Normal	Normal
Lábio Inferior	Normal	Normal	Normal	Normal

*Alterações identificadas

A Tabela 7 apresenta a pontuação das crianças nas três tentativas dos jogos para as crianças com e sem alteração da tensão de lábios. Em ambos os grupos observou-se aumento da pontuação na terceira tentativa.

Tabela 7 - Pontuações dos participantes nas três tentativas do jogo

Participante	Tensão Labial	Sexo	Idade	Pontuação		
				1ª tentativa	2ª tentativa	3ª tentativa
Participante 1	Alterado	M	7	26	25	114
Participante 2	Alterado	M	10	48	119	129
Participante 3	Alterado	M	12	69	50	-
Participante 4	Alterado	F	12	107	59	-
Participante 5	Alterado	F	10	106	40	82
Média				71,2	58,6	108,3
Desvio Padrão				35,6	36,0	24,0
Participante 6	Adequado	M	12	-	102	70
Participante 7	Adequado	F	10	59	75	102
Participante 8	Adequado	F	11	82	85	70
Participante 9	Adequado	F	12	82	34	-
Média				74,3	74,0	80,7
Desvio Padrão				16,3	13,6	18,5

M: masculino; F: feminino

Todas as crianças relataram terem gostado da atividade e não terem sentido dor ou desconforto ao utilizarem o instrumento. Duas crianças (22%) relataram dificuldade de fazer a tartaruga subir (uma delas tinha tensão labial adequada e outra tinha tensão diminuída), uma criança (tensão diminuída) mencionou que o jogo travava às vezes e uma achou difícil realizar a força (tensão adequada). Sete crianças (78%) relataram facilidade de jogar e uma relatou dificuldade moderada (sua tensão labial era diminuída). Apenas uma criança (cuja tensão labial era diminuída) disse que não gostaria de jogar novamente.

5 DISCUSSÃO

Nesta pesquisa foi desenvolvido um instrumento destinado à reabilitação da força dos lábios, que permite o treino de força com diferentes magnitudes, que permite ao terapeuta acompanhar e registrar a evolução do paciente ao longo das terapias, que fornece *feedback* visual ao usuário e que inova ao associar os exercícios a jogos computacionais, o que aumenta a motivação e o interesse do paciente e com isso a adesão ao tratamento.

O design das peças foi criado após extensa revisão da literatura e análise das vantagens e desvantagens de cada equipamento encontrado. A análise da resistência das peças realizadas pelo método de elementos finitos possibilitou a realização de melhorias na estrutura das mesmas (remoção de quinas e aumento da espessura).

Avaliação do instrumento por profissionais

Na opinião dos profissionais, verificou-se que os exercícios realizados com o instrumento são compatíveis com os convencionais utilizados na prática clínica e que podem ser utilizados para reabilitação da força dos lábios.

A avaliação criteriosa dos profissionais indica a necessidade de modificações no instrumento. A necessidade mais urgente parece estar relacionada à diminuição do tamanho (espessura/volume), para que fique mais confortável no reduzido espaço do vestíbulo oral. O volume das peças, nesse espaço, dificulta o vedamento labial e a execução de força com o próprio lábio. No caso de crianças, especialmente respiradores orais, que já tendem a ter o lábio superior fino e encurtado, o ideal é que instrumento tenha suas dimensões reduzidas.

Uma profissional sugeriu modificação do material para outro menos rígido, no intuito de aumentar o conforto durante o uso. O material PLA foi escolhido pelas suas propriedades atóxicas e ainda pela própria rigidez, necessária às peças que direcionam a força exercida pelos lábios para a área do sensor. A utilização de material mais macio teria um impacto na mensuração da força, mas deve ser considerada, já que o objetivo principal do equipamento não é avaliação, mas sim a reabilitação. A retirada dos fios seria possível, porém um sistema de transmissão *wireless* de dados aumentaria consideravelmente o custo do equipamento, o que

poderia ser um problema para sua comercialização, considerando que duas profissionais relataram que pagariam menos de 500 reais pelo instrumento. Mesmo com essas considerações apontadas, todas responderam que o instrumento contribuirá para uma nova forma de reabilitação labial e que gostariam de tê-lo no seu trabalho.

Os profissionais, de maneira geral, apresentaram respostas positivas para usabilidade e aceitabilidade do instrumento, sendo que a pontuação desta avaliação ficou acima do ponto de corte, o que indica que, na visão dos profissionais, o instrumento apresenta boa usabilidade.

Validação do conteúdo do relatório de desempenho

Para verificar se o relatório de desempenho preenchido com os dados do jogo avalia aquilo que se propõe, foi realizada a validação do conteúdo do mesmo. A solidez do processo de validação de conteúdo de um instrumento é influenciada pela forma de seleção dos especialistas (GRANT; DAVIS, 1997). Polit et al., (2007) descrevem o uso de no mínimo três especialistas e afirmam que mais de dez especialistas é desnecessário, além de diminuir a probabilidade de concordância. A seleção dos especialistas para esta pesquisa baseou-se na experiência destes nas áreas de Motricidade Orofacial e Disfagia, titulação, publicações em revistas e congressos da área, e reconhecimento profissional, como sugerido por Grant e Davis (1997).

De acordo com o julgamento dos especialistas, apenas o item “Tempo Mínimo de Sustentação” não é relevante. Portanto sugere-se que este item seja retirado do relatório de desempenho do paciente. O relatório recebeu um IVC médio de 0,92, o que indica que o mesmo é aceitável para a finalidade proposta. O ponto de corte adotado por Grant e Davis (1997) é de 0,8, enquanto o de Polit e Beck (2006) é de 0,9 (mais conservador). O ponto verificado neste instrumento supera o preconizado por ambas as referências.

Testes com adultos

Os testes com indivíduos adultos revelaram aumento da pontuação na terceira tentativa. Outros autores também verificaram melhora do desempenho de indivíduos nas sucessivas atividades envolvendo jogos computacionais com dispositivos acionados pela musculatura orofacial, o que foi atribuído ao efeito da aprendizagem (HUO; GHOVANLOO, 2010; KOTHARI *et al.*, 2012; FURLAN *et al.*, 2019). Huo e Ghovanloo (2010) observaram melhora do desempenho em atividade de jogo computacional, ao longo de três testes consecutivos, em quatro mulheres e nove homens entre 18 e 64 anos, utilizando um aparato intraoral acionado pela língua como dispositivo de entrada para computadores. Kothari *et al.* (2012), bem como Furlan *et al.* (2019) também verificaram melhora no desempenho de adultos hígidos em jogos realizados com a língua ao longo do tempo de treinamento. Estes resultados indicam que os participantes adquirem experiência e melhoram a performance mesmo com pouco treino.

Os participantes adultos, de maneira geral, apresentaram respostas positivas para usabilidade e aceitabilidade do instrumento, mas algumas respostas divergentes para o item “Preciso de ajuda para operar o instrumento” mostram que, à primeira impressão, o seu funcionamento e uso aparentam dificuldade. A média da pontuação total do teste indicou que o instrumento, na opinião dos participantes, apresentou boa usabilidade.

Testes com crianças

Os testes realizados com as crianças indicam que a utilização do instrumento para esta população é viável, mas os resultados preliminares de pontuação devem ser interpretados com cautela, visto que o número de indivíduos foi reduzido, especialmente quando separados por grupo de acordo com a alteração da tensão labial. Houve ainda perda de alguns dados. Tudo isso tornou inviável a análise estatística de comparação entre os grupos. Por isso, optou-se por apresentar os dados de cada indivíduo separadamente, além dos valores médios do grupo.

Nota-se maior variabilidade, tanto intra quanto inter indivíduos, nas pontuações das crianças com alteração da tensão de lábios do que naquelas sem alterações. Além disso, o comportamento dos dados entre as tentativas das crianças sem alterações assemelhou-se mais aos dos adultos. Tanto as crianças quanto os adultos saudáveis apresentaram pontuações semelhantes (considerando-se a média) na comparação da primeira com a segunda tentativa e

leve aumento da pontuação na terceira tentativa, possivelmente explicado pelo aprendizado. O comportamento observado em crianças com alterações de tensão labial não seguiu este padrão.

Algumas crianças relataram dificuldades nos comandos do instrumento, apresentando relatos do tipo; “*as vezes travava*” e “*a tartaruga não subiu quando eu quis*”. Tais dificuldades podem estar relacionadas às dificuldades individuais de força labial, mas também a aspectos intrínsecos do instrumento, considerando que foram altas as incertezas obtidas na calibração dos sensores, especialmente para faixa de 0 a 10 N, que é a faixa provavelmente mais utilizada durante estas tarefas.

Considerações finais

Este trabalho teve caráter interdisciplinar, com interação constante entre profissionais das áreas da Engenharia, Fonoaudiologia, Ciências da computação e Design de produtos. Espera-se que o instrumento desenvolvido aumente a adesão do paciente ao tratamento miofuncional orofacial e possibilite um processo terapêutico mais agradável e eficiente. Trata-se de uma proposta inovadora para a Fonoaudiologia.

Constituiu limitação da presente pesquisa a amostra reduzida, especialmente no que diz respeito à população alvo do produto: crianças com alteração de tensão de lábios. Porém, este estudo foi exploratório e espera-se que propicie o desenvolvimento de novas pesquisas com o instrumento. Outras limitações referem-se à subjetividade da avaliação clínica dos lábios realizada nas crianças e não terem sido analisados os valores de força e de tempo de sustentação da contração dos participantes. Apenas a pontuação nos jogos foi analisada nesta pesquisa.

Para futuras pesquisas, sugere-se a utilização do método em indivíduos com diferentes graus de fraqueza dos lábios, em diferentes faixas etárias, com condições clínicas diversas como paralisia facial e síndrome de Down, por exemplo, contendo alvos com diferentes patamares de força. Outra sugestão inclui a utilização do método na terapia em estudos longitudinais, a comparação com métodos tradicionais e a utilização de métodos objetivos para medir o divertimento das crianças. Para as próximas versões do instrumento, sugere-se diminuir o seu volume e mudar o material para outro que proporcione maior conforto ao usuário.

A autora desta pesquisa, Clarice Magnani Figueiredo, graduou-se em Design de Produto em 2005, pela Universidade do Estado de Minas Gerais (UEMG) e em Engenharia Civil, em 2015, pelo Centro Universitário de Belo Horizonte. Trabalhou com docência na Prefeitura de Nova Lima durante três anos. Tinha ampla experiência em Design de produto e processo industrial, tendo atuado na área de Iluminação durante nove anos. Nesse ramo, trabalhou na criação e desenvolvimento de luminárias, estudo e pesquisa de tendências mundiais em iluminação, e novos materiais. Coordenou o projeto Barrisol e sua equipe (sistema de tela tensionada), em parceria com França e Argentina. Foi integrante do Grupo de Engenharia Biomecânica da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), pelo qual desenvolveu projetos de pesquisa na área de Bioengenharia, especialmente instrumentos para reabilitação da força de língua e lábios e cateter para aspiração endotraqueal. Apresenta duas patentes depositadas no INPI e artigos publicados em revistas e eventos científicos. Em 2018, iniciou o mestrado em Engenharia Mecânica pela UFMG. Na época de seu falecimento já havia concluído todas as etapas desta pesquisa e redigido este documento até a parte da metodologia. Os resultados e discussão foram incorporados pela sua equipe de trabalho, mediante documentos recuperados em seu computador pessoal pela família. Clarice contribuiu amplamente para o desenvolvimento dos métodos de reabilitação em Fonoaudiologia. Espera-se que o seu trabalho encoraje outros pesquisadores no desenvolvimento de métodos terapêuticos aliados a gameterapia.

6 CONCLUSÕES

Foi desenvolvido um instrumento para reabilitação da força labial, associado a jogos digitais. Esse apresentou boa usabilidade e aceitabilidade na opinião de fonoaudiólogos com experiência em Motricidade Orofacial e Disfagia, bem como na opinião de indivíduos adultos que testaram o equipamento. O relatório de desempenho do paciente, a ser preenchido com dados gerados pelo software do equipamento foi validado quanto ao conteúdo. A média das pontuações no jogo, obtidas pelos adultos que utilizaram o instrumento, foram maiores na terceira tentativa. O mesmo ocorreu com as crianças sem alterações na tensão dos lábios, mas não com as crianças com alterações na tensão labial.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARRIAGA, A.; LAZKANO, J. M.; PAGALDAI, R.; ZALDUA, A. M.; HERNANDEZ, R.; ATXURRA, R.; CHRYSOSTOMOU, A. 2007. Finite-element analysis of quase-static characterisation tests in thermoplastic material: experimental and numerical analysis results correlation with ANSYS. **Polymer Testing**, v. 26, p. 284-305.
- ARTESE, A; DRUMMOND, S; NASCIMENTO, J. M.; ARTESE, F. Critérios para o diagnóstico e tratamento estável da mordida aberta anterior. **Dental Press J Orthod**, 2011, v.16, n. 3, p. 136-61.
- BALISTA, V. G. **Sistema de Realidade Virtual para Avaliação e Reabilitação de Déficit Motor**. Departamento de Computação e Sistemas, Vitória, FAESA, 2013.
- BASTOS, M. L.; DE SÁ SANTOS, A. A.; FELIX, Z. C. Turtle Therapy: Um Jogo Sério para o auxílio no tratamento pós-AVC. **Proceedings of SB Games**, 2017.
- BELO, L. R.; LINS, S. C.; CUNHA, D. A.; LINS, O.; AMORIM, C. F. Eletromiografia de superfície da musculatura supra-hióidea durante a deglutição de idosos sem doenças neurológicas e idosos com Parkinson. *Revista CEFAC*. v. 11, n. 2, p. 268-280, Abr./Jun. 2009.
- BENTSIANOV, B.; BLITZER, A. Facial anatomy. **Clinics in Dermatology**. v. 22, n. 1, p. 3-13, 2004.
- BOTELHO, T. S.; MACHADO NETO, C. D.; ARAÚJO, F. L. C.; ASSIS, S. C. Epidemiologia do acidente vascular cerebral no Brasil. *Temas em Saúde*, v. 16, n. 2, p. 361-377, 2016.
- BRANDÃO, I.M.; FONSECA, V.; MADI, R. R. Prevalence of people with Down syndrome in Brazil. **Scientia Plena**. v. 8, 037501, 2012.
- BUSANELLO-STELLA, A. R.; BLANCO-DUTRA A. P.; CORRÊA. E. C. R.; SILVA, A. M. T. Fadiga eletromiográfica dos músculos orbiculares da boca durante exercícios em crianças respiradoras orais e nasais. **CODAS**, São Paulo, v. 27, n. 1, p. 80-8, 2015.
- BURKHEAD, L. M.; SAPIENZA, C. M.; ROSENBEK, J. C. Strength-training exercise in dysphagia rehabilitation: Principles, procedures, and directions for future research. **Dysphagia**. v. 22, n. 3, p. 251–265, Jul. 2007.
- CANO S. P.; PEÑEÑORY, V.; COLLAZOS, C. A.; FARDOUN, H. M.; ALGHAZZAWI, D. M. Training with Phonak: Serious Game as support in Auditory-Verbal Therapy for Children with Cochlear Implants. **REHAB**. v. 15, p. 22-5, out, 2015.
- CANTERO, L. S.; GONZÁLEZ, B. G.; FERNÁNDEZ, M. G. La fuerza labial superior y sus variaciones con la mioterapia. **Revista Cubana de Estomatología**, Havana, v. 40, n. 3, set./dez, 2003.
- CARUSO, J. G. **Desenvolvimento numérico-experimental de corpos de prova aplicáveis a ensaios de tração, compressão e torção de polímeros**, 2015, 174 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica). Centro Universitário da Fundação Educacional Inaciana, São Bernardo do Campo, 2015.

CHACÓN, J. M.; CAMINERO, M. A.; GARCÍA-PLAZA, E.; NÚÑEZ, P. J. Additive manufacturing of PLA structures using fused deposition modelling: Effect of process parameters on mechanical properties and their optimal selection. **Materials and Design**, v. 124, p. 143-157, jun. 2017.

COMITÊ DE MOTRICIDADE OROFACIAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE FONOAUDIOLOGIA. Motricidade Orofacial: como atuam os especialistas. **Comitê de Motricidade Orofacial – SBFa**. Pulso: São José dos Campos, 2004.

CORRÊA, E. C. R.; BÉZZIN, F. Mouth Breathing Syndrome: cervical muscles recruitment during nasal inspiration before and after respiratory and postural exercises on Swiss Ball. *International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology*, Amsterdam, v. 72, n. 9, p. 1335–1343, set. 2008.

COSENZA, R. **Fundamentos de Neuroanatomia**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2005.

COUTRIN, G. C.; GUEDES, L. U.; MOTTA, A. R. Treinamento muscular na face: a prática dos fonoaudiólogos de Belo Horizonte. **Revista da Sociedade Brasileira de Fonoaudiologia**, v. 13, n. 2, p. 127-135, 2008.

DANGELO, J. G.; FATTINI, C. A. **Anatomia Sistêmica e Segmentar**, 2 ed. São Paulo: ATHENEU, 2005.

DI FAZIO, D.; LOMBARDO, L.; GRACCO, A.; D'AMICO, P.; SICILIANI, G. Lip pressure at rest and during function in 2 groups of patients with different occlusions. **American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics**, v. 139, n. 1, p. e1-e6, 2011.

DJUPVIK, O. J.; DJUPVIK, D. K.; HOYDAL, B. Procurador LETSIP AS. **A device for training of oral motor musculature and the use thereof**. França: WO2017014646A1, 22 jul. 2015. Disponível em: <<https://patents.google.com/patent/WO2017014646A1/em>>. Acesso em: 18 jul. 2019.

DOUGLAS, C. R. **Tratado de fisiologia aplicada à fonoaudiologia**. São Paulo: ROBE, 2002.

ESCOURA, J. B. **Exercícios e manobras facilitadoras no tratamento de disfagias**. 1998. 39 p. Monografia (Especialização em Motricidade Orofacial). Centro de Especialização em Fonoaudiologia Clínica, São Paulo, 1998.

FARDO, M. L. A. Gamificação aplicada em ambientes de aprendizagem. **Revista Novas Tecnologias em Educação**, v. 11, n. 1, Jul. 2013.

FERREIRA, M. A. Hábitos bucais no contexto da maturação. **Jornal Brasileiro de Ortodontia e Ortopedia Maxilar**, Curitiba, v. 2, n. 9, p. 11-16, Mai. 1997.

FERREIRA, T. S.; MANGILLI, L. D.; SASSI, F.C.; FORTUNATO-TAVARES, T.; LIMONGI, S. C. O.; ANDRADE, C. R. F. Fisiologia do exercício fonoaudiológico: uma revisão crítica da literatura. **Jornal da Sociedade Brasileira de Fonoaudiologia**. v. 23, n. 3, p.288-296, 2011.

FIGUEIREDO, D.; SOUSA, A.; LOUSADA, M. Acceptability and usability of a computer-based cognitive training program: an exploratory study with community-dwelling older adults.

In: 12th Iberian Conference on Information Systems and Technologies (CISTI), Lisboa, 2017. **Proceeding of 12th Iberian Conference on Information Systems and Technologies**, 2017.

FIGÚN, M. E.; GARINO, R. R. **Anatomia Odontológica: funcional e aplicada**. Porto Alegre: ARTMED, 2003.

FOGGIATTO, J. A. O uso da prototipagem rápida na área médico-odontológica. **Revista Tecnologia e Humanismo**, v. 20, n.30, p 60-68, 2006.

FRANCISCO, N. M. M. **Produção e caracterização de peças de poli (ácido láctico) por impressão 3D para possível aplicação na engenharia de tecido ósseo**, 2017, 84 p. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação em Engenharia de Materiais), Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2017.

FURLAN, R. M. M. M. **Proposta de um método alternativo para reabilitação da força da língua utilizando jogos digitais**. 2015. 215 p. Tese (Doutorado em Engenharia de Estruturas). Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2015.

FURLAN, R. M. M. M.; SANTANA, G. A.; BISCHOF, W. F.; MOTTA, A. R.; LAS CASAS, E. B. A new method for tongue rehabilitation with computer games: pilot study. **Journal of Oral Rehabilitation**, v. 46, n. 6, p. 518-525, Jun. 2019

GANZEBOOM, M. S.; YILMAZ, E.; CUCCHIARINI, C.; STRIK, H. An ASR-Based Interactive Game for Speech Therapy. In: 7th Workshop on Speech and Language Processing for Assistive Technologies (SLPAT), 2016, San Francisco. **Proceedings of 7th Workshop on Speech and Language Processing for Assistive Technologies**. San Francisco, 2016.

GARLINER, D. **Myofunctional therapy in dental practice**. 2. ed. New York: Bartel Dental Book. Inc, 1971.

GARRETO, A. L. Experiência fonoaudiológica no atendimento odontopediátrico e ortodôntico. In: MARCHESAN, I. Q. (org). **Tratamento da deglutição: a atuação fonoaudiológica em diferentes países**. São José dos Campos: Pulso, 2005.

GONZÁLEZ, B. G.; CANTERO, L. S.; BASNUEVA, B. A. A.; BETANCOURT, J. D. Fuerza labial superior em niños. **Revista Habanera de Ciencias Médicas**, Ciudad de La Habana, v. 3, n. 8, 2004.

GONZÁLEZ, B. G.; MOH, A.; CANTERO, L. S.; PUPO A. R. Variaciones de la adaquia y fuerza labial superior en niños, tratados con mioterapia. Policlínico Tomás Romay: Habana Vieja. **Revista Habanera de Ciencias Médicas**, Ciudad de La Habana, v. 8, n. 4, Nov. 2009.

GONZALEZ, N. Z. T.; LOPES, L. D. **Fonoaudiologia e ortopedia maxilar na reabilitação orofacial: tratamento precoce e preventivo – terapia miofuncional**. São Paulo: SANTOS, 2000. 121 p.

GRANT, J.S.; DAVIS, L. L. Selection and use of content experts for instrumental development. **Research in Nursing & Health**. v. 20, p. 269-270, 1997.

HÄGG, M.; ANNIKO, M. Lip muscle training in stroke patients with dysphagia. **Acta Oto-Laryngologica**, v. 128, n. 9, p.1027-1033, Set. 2008.

HÄGG, M.; OLGARSSON, M.; ANNIKO, M. Reliable lip force measurement in healthy controls and in patients with stroke: a methodologic study. **Dysphagia**, v.23, n.3, p.291-296, 2008.

HANSON, M. L. Oral myofunctional therapy. **American Journal of Orthodontics**, v. 73, n. 1, p. 56-67, 1978.

HUO, X.; GHOVANLOO, M. Evaluation of a wireless wearable tongue-computer interface by individuals with high-level spinal cord injuries. **Journal of Neural Engineering**, v. 7, n. 2, p.1-24.

HUG F. Can muscle coordination be precisely studied by surface electromyography? **Journal of Electromyography and Kinesiology**, v. 21, n. 1, p. 1-12, Fev. 2011.

IANNI FILHO, D.; BERTOLINI, M. M.; LOPES, M. L. Contribuição multidisciplinar no diagnóstico e no tratamento das obstruções da nasofaringe e da respiração bucal. **Revista Clínica de Ortodontia Dental Press**, v. 4, n. 6, p. 90-102, 2006.

INCA Rede Câncer. **Prazo para a saúde – O desafio de atender o paciente oncológico no tempo oportuno. Diversão levada a sério.** Instituto Nacional de Câncer José Alencar Gomes da Silva, ed. 23, cap 28, Set. 2013.

INGERVALL, B.; JANSON, T. The value of clinical lip strength measurements. **American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics**, v. 80, n. 5, p. 496-507, 1981.

JARDINI, R. S. R. Uso do exercitador labial: estudo preliminar para alongar e tonificar os músculos orbiculares orais. **Pro-Fono**. v.11, n.1, p. 8-12, Mar. 1999.

JOHNSON, M. J. Recent trends in robot-assisted therapy environments to improve real-life functional performance after stroke. **Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation**, v. 3, p. 29, Dez. 2006.

JOSEPH, J. C.; BROWN, J. M. **Introduction to Biomedical Equipment Technology**. 4. ed. Ann Arbor: Pearson, 2000.

JUNG, M. H.; YANG, W. S.; NAHM, D. S. Maximum closing force of mentolabial muscles and type of malocclusion. **The Angle Orthodontist**, v. 80, n. 1, p.72-79, 2010.

JUNG, M. H.; YANG, W. S.; NAHM, D. S. Effects of upper lip closing force on craniofacial structures. **American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics**, v. 123, n. 1, p.58-63, 2003.

JUNQUEIRA, P. Avaliação miofuncional. In: MARCHESAN, I. Q. **Fundamentos em Fonoaudiologia: aspectos clínicos da motricidade orofacial**. 2. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan. Cap. 3, p. 19-27, 2005.

KASPER A. C.; BERSELLI, G. B. T.; FREITAS, B. D.; BERNARDES, A. M.; VEIT, H. M. Estudo da reciclagem das blendas PC+ABS e PC+ABS+Epoxi provenientes de sucatas eletrônicas. **Revista Brasileira de Ciências Ambientais**, n. 16, p. 26-35, Jun. 2010.

KÖPF-MAIER, P. **Atlas de Anatomia Humana**. 6 ed. v. 2. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2006.

KORBMACHER H. M.; SCHWAN, M.; BERNDSEN, S.; BULL, J.; KAHL-NIEKE, B. Evaluation of a new concept of myofunctional therapy in children. **International Journal of Orofacial Myology**. v. 30, p. 39-52, Nov. 2004.

KOTHARI, M.; SVENSSON, P.; HUO, X.; GHOVANLOO, M.; BAAD-HANSEN. Force and complexity of tongue task training influences behavioral measures of motor learning. **European Journal of Oral Sciences**. v. 120, p. 46–53, 2012.

KRAKAUER, L. H.; DI FRANCESCO, R. C.; MARCHESAN, I. Q. (Org.). **Respiração oral: abordagem interdisciplinar**. São José dos Campos: Pulso, 2003.

KRETSCHKEK, D. Desenvolvimento de um cabeçote de extrusão por êmbolo para polipropileno granulado visando a manufatura aditiva, 2012. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica). Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2012.

KYDD, W. L.; AKAMINE, J. S.; MENDEL, R. A.; KRAUS, B. S. Tongue and lip forces exerted during deglutition in subjects with and without an anterior open bite. **Journal of Dental Research**, v. 42, n. 3, p. 1-9, 1963.

KACZOROWSKA, N.; KACZOROWSKI, K.; LASKOWSKA, J.; MIKULEWICZ, M. Down syndrome as a cause of abnormalities in the craniofacial region: A systematic literature review. **Advances in Clinical and Experimental Medicine**, v. 28, n. 11, p. 1587-1592, 2019.

LINO, F. J.; NETO, R. A Prototipagem rápida na indústria cerâmica, comparação com outros sectores industriais. **Revista Kéramica**, v. 28, nº 260, p. 14-28, Jul./Ago. 2003.

LLORENS, R.; NOÉ, E.; COLOMER, C.; ALCANIZ M. Effectiveness, usability, and cost-benefit of a virtual reality based telerehabilitation program for balance recovery after stroke: A randomized controlled trial. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*. v. 96, n. 3 p. 418-425, Mar. 2015.

LYONS, M. F.; ROUSE, M. E.; BAXENDALE, R. H. Fatigue and EMG changes in the masseter and temporalis muscles during sustained contractions. **Journal of Oral Rehabilitation**. v. 20, n. 3, p. 321-331, Mai. 1993.

MACHADO, P. G.; MEZZOMO, C. L.; BADARÓ, A. F. V. A postura corporal e as funções estomatognáticas em crianças respiradoras orais: uma revisão de literatura. **Revista CEFAC**, v. 14, n. 3, p. 553-565, Abr. 2012.

MADEIRA, M. C.; RIZZOLO, R. J. C. **Anatomia facial com fundamentos de anatomia geral**, 3 ed., São Paulo, Editora Sarvier, 2009. 355 p.

MAIA, D. C.; BARROS, S. L.; ALBIERO, F. M.; NUNES, M. A. S.; DESANTANA, J. M.; MACEDO, H. T. **Projetando Serious Games para tratamento do controle de tronco em pacientes com AVC**. Núcleo de Tecnologia Assistiva. UFS, Sergipe – Brasil. 2013.

MARCHESAN, I. Q.; BERRETIN-FÉLIX, G.; GENARO, K. F. MBGR Protocolo of Orofacial Myofunctional evaluation with scores. **International Journal of Orofacial Myology**. v. 38, p. 39-77, 2012.

MARTINS, A.; ROSA, A.; QUEIRÓS, A.; SILVA, A.; ROCHA A. European Portuguese Validation of the System Usability Scale (SUS). **Procedia Computer Science**. v. 67, p. 293-

300, 2015.

MARY, H. A. G. G. Procurador MYOROFACE AB. **Device for training of face, lip and throat muscles**. Estados Unidos: US20160030802A1, 04 fev 2016. Disponível em: <<https://patents.google.com/patent/US20160030802A1/em>>. Acesso em: 21 jul. 2019.

MATSUI, M. Y. **Estudo clínico e eletromiográfico da dinâmica do sistema mastigatório em pacientes adultos com paralisia cerebral**. 2012. 106 p. Dissertação (Mestrado em Biopatologia bucal). Universidade Estadual Paulista, São José dos Campos, 2012.

MCHENRY, M. A.; MINTON, J. T.; HARTLEY, L. L.; CALHOUN, K.; BARLOW, S. S. Age related changes in orofacial force generation in women. **Laryngoscope**, v. 109, n. 5, p. 827-830, Mai. 1999.

MIRELMAN, A.; BONATO, P.; DEUTSCH, J. E. Effects of training with a robot-virtual reality system compared with a robot alone on the gait of individuals after stroke. **Stroke**, v. 40, n. 1, p.169-174, Jan. 2009.

MORALES, C. H. Miooterapia funcional, una alternativa en el tratamiento de desbalances musculares y hábitos nocivos. **Acta Odontológica Venezolana**. v.47, n. 4, p.143-148, 2009.

NETTER, F. H. **Atlas de Anatomia Humana**. 2 ed. Porto Alegre: Artmed, 2000. 160 p.

OGUSHI, S.; HISANAGA, Y.; HASEGAWA, A.; KAWANABE, H.; ISHIKAWA, H. Lip and cheek resting pressure on the maxillary dentition in adults with normal occlusion. **Orthodontic waves**, n.67, n. 2, p. 54-59, Jun. 2008.

OLIVEIRA, C. **Relação entre praxias orais, tipo e tempo de amamentação e de exposição dos hábitos orais nocivos em crianças em idade pré-escolar**. 201 p. Dissertação (Mestrado em Terapia da Fala). Escola Superior de Saúde do Alcoitão, Lisboa, 2015.

ORIÁ, R. B.; BRITO, G. A. D. **Sistema digestório: integração básico-clínica**. 1 ed., cap. 1, p. 25-60, 2016.

PÉREZ, A. M.; PÉREZ, C. M.; FERNÁNDEZ, R. L. Resultados de la terapia miofuncional en pacientes con incompetencia bilabial. **Ortodoncia Española: Boletín de la Sociedad Española de Ortodoncia**. v. 45, n. 3, p. 176-191, Jul./Set.2005.

PÉREZ, M. D.; MORENO, S. M. G. Terapia orofacial en el síndrome de Down y otras cromosomopatías: Talleres teórico-prácticos padres-hijos. **Revista Síndrome de Down**, v. 23, p.114-119, 2006.

PERILO, T.V.C. **Desenvolvimento de um instrumento para avaliação da força labial e modelagem computacional do músculo orbicular da boca**. 2012. 87 p. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica). Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2012.

PERILO, T.V.C. **Desenvolvimento de um protótipo para avaliação objetiva da força dos lábios humanos**, 2008. 64 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica). Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2008.

PERILO, T.V.C.; LAS CASAS, E.B; MOTTA, A.R. Procurador COSTA, C.G. **Aparelho fonodiológico para avaliação da força dos lábios**. Brasil: PI0802804-4A2, 02 jun. 2008.

Disponível em: <[://gru.inpi.gov.br/pePI/jsp/patentes/PatenteSearchBasico.jsp](http://gru.inpi.gov.br/pePI/jsp/patentes/PatenteSearchBasico.jsp)>. Acesso em: 20 jul. 2019.

PERILO, T.V.C.; LAS CASAS, E.B; MOTTA, A.R; MENDES E.M.A.M; BARROSO M.F.S; NEPOMUCENO E.G. Procurador COSTA, C.G. **Aparelho para avaliar e treinar a força dos lábios.** Brasil: PI10050523A2, 25 ago. 2010. Disponível em: <[://gru.inpi.gov.br/pePI/jsp/patentes/PatenteSearchBasico.jsp](http://gru.inpi.gov.br/pePI/jsp/patentes/PatenteSearchBasico.jsp)>. Acesso em: 27 jun. 2019.

PERON FILHO, E.; MENEZES, W. M. M.; Análise mecânica e computacional de roda de vant em pla (ácido polilático) obtida por impressão 3D, 2018, In: XXII Encontro Latino Americano de Iniciação Científica, XVIII Encontro Latino Americano de Pós-Graduação e VIII Encontro de Iniciação à Docência - Universidade do Vale do Paraíba, 2018, Rio de Janeiro. **Anais do XXII Encontro Latino Americano de Iniciação Científica, XVIII Encontro Latino Americano de Pós-Graduação e VIII Encontro de Iniciação à Docência - Universidade do Vale do Paraíba**, Rio de Janeiro, 2018.

PIEROTTI, S. Entrevista e exame em fonoaudiologia. In: KRAKAUER, L. H.; DI FRANCESCO, R. C.; MARCHESAN, I. Q. (Org.). **Respiração oral: abordagem interdisciplinar.** São José dos Campos: Pulso, 2003. p. 47-53.

POLIT, D. F.; BECK, C. T. The content validity index: are you sure you know what's being reported? Critique and recommendations. **Research in Nursing & Health.** v. 29, p. 489-497, 2006.

POLIT, D. F.; BECK, C. T.; OWEN, S. V. Is the CVI an acceptable indicator of content validity? Appraisal and recommendations. **Research in Nursing & Health.** v. 30, n. 4, p. 459-467, 2007.

POSEN, A. L. The application of quantitative perioral assessment to orthodontic case analysis and treatment planning. **The Angle Orthodontist,** v. 46, n. 2, p.118-143, 1976.

SCHELP, A. O.; COLA, P. C.; GATTO, A. R.; SILVA, R. G.; CARVALHO, L. R. Incidência de disfagia orofaríngea após acidente vascular encefálico em hospital público de referência. **Arquivos de Neuropsiquiatria.** v. 62, n. 2-B, p.503-506, 2004.

SOBOTTA, J. **Atlas de Anatomia Humana.** 21ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2000.

RAHAL, A. **Exercícios utilizados na terapia de motricidade orofacial** (quando e por que utilizá-los). In: MARCHESAN, I. Q.; SILVA, H. J.; BERRETIN-FELIX, G. Terapia fonoaudiológica em motricidade orofacial. São José dos Campos: Pulso editorial, 2012. Cap.3, p. 43-49.

RICHTER, K. **Unknown.** Estados Unidos: US20140100498A1, 05 out. 2012. Disponível em: <<https://patents.google.com/patent/US20140100498A1/en?q=U.S.+Pat.+No.+3%2c744%2c485>>. Acesso em: 7 jul. 2019.

ROBERTSON T.J. **Labial muscle exerciser.** Estados Unidos: US3924850A, 22 fev. 1974. Disponível em: <<https://patents.google.com/patent/US3924850A/en?q=U.S.+Pat.+No.+3%2c>>. Acesso em: 3 jul 2019.

RODRÍGUEZ, A; PEDROZO, D; HANNA, F; RETA, N; TELLO, E; CELANI, N. L; PÉREZ, M. E. Design and development of Serious Games for rehabilitation of post-stroke patients. **Revista Argentina de Bioingeniería**, v. 23, n. 1, p. 49-54, 2019.

RUAN, W.; CHEN, M.; GU, Z.; YUAN, L.; SU, J.; GUO, Q. Muscular forces exerted on the normal deciduous dentition. **The Angle Orthodontist**, v. 75, n. 5, p. 785-790, Set. 2005.

SANTOS, R. M.; TOFFOLI, M. B.; CARDOSO, A. P. B.; DRUMOND, G. P.; DA ROSA, D. A. Pedro na casa mal-assombrada: desenvolvendo habilidades auditivas. Manual do usuário. Ribeirão Preto: **Book Toy Brinquedos e Livros**, 2006.

SCHMID, M. Reinforcing motor re-training and rehabilitation through games: a machine-learning perspective. **Frontiers in Neuroengineering**, v. 2, p. 1-2, Mar. 2009.

SILVA, E. L. Hábitos bucais deletérios. **Revista Paranaense de Medicina**, v. 20, n. 2, Belém, Jun. 2006.

SOUSA, A. S. **Serious games para a fonoaudiologia: uma abordagem voltada à terapia em motricidade orofacial**. 2011, 125p. Dissertação (Mestrado em Modelos de Decisão e Saúde). Universidade Federal da Paraíba. João Pessoa, 2011.

THOMPSON, D.; BARAMOWSKI, T.; BUDAY, R.; BARANOWSKI, J.; THOMPSON, V.; JAGO, R.; Griffith, M. J. et al. Serious video games for health. **Simulation and Gaming**. v. 20, n. 10, Dez. 2008.

TORRES, G. M.; CÉSAR, C. P. Fisiologia do exercício na motricidade orofacial: conhecimento sobre o assunto. **Revista CEFAC**, v. 21, n. 1, Mar. 2019.

TROTMAN, C. A.; BARLOW, S. M.; FARAWAY, J. J. Functional outcomes of cleft lip surgery. Part III: Measurement of lip forces. **The Cleft Palate-Craniofacial Journal**, v. 44, n. 6, p. 617- 623, Nov. 2007.

UNEMORI, M.; SUGAWARA, J.; KAWAUCHI, M.; MITANI, H. A Pressure-distribution sensor (PDS) for evaluation of lip functions. **American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics**, v. 109, n. 5, p. 473-480, Mai. 1996.

VALENTIM, A. F.; FURLAN, R. M. M. M.; PERILO, T.V.C.; MOTTA, A. R.; BERBERT, M. C. B.; BARROSO, M. F. S.; LAS CASAS, E. B. Development and Clinical Application of Instruments to Measure Orofacial Structures. In: NAIK, G. R. **Applied Biological Engineering-Principles and Practice**. Rijeka: InTech, 2012. pp. 365-390.

VALENÇA, M. M.; VALENÇA, L. P. A. A.; LIMA, M. C. M. Paralisia facial periférica idiopática de Bell. **Arquivos de Neuro-Psiquiatria**, São Paulo, v. 59, n. 3b, p. 733-739, Set. 2001.

VALENTIM, A. F. **Avaliação da força sofrida pelos dentes com a ação de lábios e língua**, 2012. 77 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica). Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2012.

WARD, I. M.; SWEENEY, J. Mechanical properties of solid polymers. 3 ed. Bradford: Wiley, 2012. 476 p.

WATANABE, M. K. F.; TSUKIMOTO, D. R.; TSUKIMOTO, G. R. Terapia Ocupacional e o uso do computador como recurso terapêutico. **Acta Fisiátrica**, v. 10, n. 1, p. 17-20, 2003.

WORTHT G. **Exercising device for the lip and cheek area**. Estados Unidos: US3744485A, 19 nov. 1971. Disponível em: <<https://patents.google.com/patent/US3744485A/en?q=U.S.+Pat.+No.+3%2c744%2c485>>. Acesso em: 1 jul. 2019.

WRIGHT J. **Facial muscle exerciser**. Estados Unidos: US3805771A, 19 mai. 1972. Disponível em: <<https://patents.google.com/patent/US3805771A/em>>. Acesso em: 2 jul 2019.

YUAN-HSIANG, L. I. N.; GAU, S. Y.; H. S. U. W. C. Procurador NATIONAL TAIWAN UNIVERSITY OF SCIENCE. **Apparatus for detecting a strength of lips-closing and method thereof**. Taiwan: TW201338759A, 21 mar. 2012. Disponível em: <https://worldwide.espacenet.com/publicationDetails/biblio?II=3&ND=3&adjacent=true&locale=en_EP&FT=D&date=20131001&CC=TW&NR=201338759A&KC=A>. Acesso em: 4 jul 2019.

不公告发明人. Procurador WEI XUE. **Multifunctional oral training device**. China: CN108992309A, 22 out. 2014. Disponível em: <https://worldwide.espacenet.com/publicationDetails/biblio?II=1&ND=3&adjacent=true&locale=en_EP&FT=D&date=20181214&CC=CN&NR=108992309A&KC=A>. Acesso em: 12 jul. 2019.

株式会社 G s 商事. Procurador 美智子 高尾. **口腔内装着具- Intraoral mounting fixture**. Japão: JP6265298B1, 3 out. 2017. Disponível em: <<https://patents.google.com/patent/JP6265298B1/em>>. Acesso em: 20 jul. 2019.

APÊNDICE 1

Relatório de Avaliação do Desempenho do Paciente

1. Dados do Paciente

Nome: _____

Idade: _____ Sexo: _____ Data de nascimento _/_/_/ Data da avaliação _/_/_/

Avaliador: _____

2. Dados do Jogo

Força Muscular

Canal	Força máxima	Força média	Força mínima	Quantas vezes a força estipulada foi alcançada
Superior Direito				
Superior Esquerdo				
Inferior Direito				
Inferior Esquerdo				

Tempo de Sustentação da Contração Muscular

Canal	Tempo máximo de sustentação da contração muscular	Tempo médio de sustentação da contração muscular	Tempo mínimo de sustentação da contração muscular	Quantidade de vezes que a sustentação se manteve completa
Superior Direito				
Superior Esquerdo				
Inferior Direito				
Inferior Esquerdo				

APÊNDICE 2

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO DO FONOAUDIÓLOGO

Por meio deste termo, queremos convidá-lo(a) a participar de uma pesquisa desenvolvida por Renata Maria Moreira Moraes Furlan, Estevam Barbosa de Las Casas e Clarice Magnani Figueiredo, cujo objetivo é validar um método alternativo para reabilitação da força e da mobilidade dos lábios.

Primeiramente, lhe será apresentado o instrumento desenvolvido para reabilitação da força e da mobilidade dos lábios e o(a) Sr(a) deverá testá-lo, encaixando-o entre os dentes e os lábios. Enquanto se desenvolvem os jogos computacionais, a atividade solicitará que realize movimentos de bico com os lábios protruídos, que retraia o lábio com o mesmo fechado, que direcione o instrumento para as direções esquerda, direita, para cima e para baixo.

A seguir o(a) Sr(a) deverá responder a dois questionários. O primeiro, sobre a aplicabilidade do instrumento na reabilitação da força e da mobilidade dos lábios, é composto por 13 questões fechadas. O segundo, sobre a validação de conteúdo do relatório de desempenho gerado pelo instrumento, é composto por 10 itens que devem ser julgados por meio de uma escala ordinal de 1 a 4. Caso necessário, poderá lhe ser solicitado a repetição destes procedimentos em data posterior.

O procedimento pode lhe causar sensação de fadiga nos lábios. O tempo de realização dos exercícios será cronometrado para minimizar a fadiga. Sua participação nesta pesquisa não lhe trará qualquer benefício direto, mas proporcionará aos profissionais um maior conhecimento a respeito da reabilitação da força e da mobilidade dos lábios, melhorando assim, a atuação terapêutica na área de Fonoaudiologia. Caso seja detectada alguma alteração labial, o(a) Sr(a) será encaminhado para tratamento.

O(a) Sr(a) não pagará nem receberá nenhum valor financeiro ou compensações pessoais pela sua participação na pesquisa em questão. Os dados coletados serão utilizados somente para pesquisa, com publicação dos resultados em revistas e eventos científicos, não sendo divulgada a identificação de nenhum dos participantes.

O(a) Sr(a) tem direito de se manter informado sobre os resultados parciais da pesquisa, e tem a garantia de acesso à esclarecimentos de eventuais dúvidas em qualquer etapa do estudo. Também é garantida a liberdade de se recusar a participar e da retirada do consentimento, caso deseje desistir da pesquisa a qualquer momento, sem nenhum prejuízo.

Caso queira desistir da pesquisa ou obter mais informações sobre a mesma, o(a) Sr(a) poderá entrar em contato com os pesquisadores pelos telefones: (31) 98473-9272 (Renata), (31) 99361-4722 (Clarice). Em caso de dúvida sobre a ética da pesquisa entre em contato com o Comitê de ética em pesquisa da UFMG, situado à Avenida Presidente Antônio Carlos, 6627 - Unidade Administrativa II - 2º Andar - Sala 2005 - Cep: 31270-901 - BH-MG, telefone (031) 3409-4592 - e-mail: coep@prpq.ufmg.br.

Este termo será assinado em duas vias, uma para você e uma para o pesquisador responsável.

Belo Horizonte, _____ de _____ de 2019

Assinatura do profissional

Nome do participante: _____ RG: _____

Endereço: _____

Telefone de contato: _____

Pesquisadores responsáveis:

Clarice Magnani Figueiredo _____ Renata Maria Moreira Moraes Furlan _____ Estevam Barbosa de Las Casas _____

APÊNDICE 3

Questionário sobre a aplicabilidade do instrumento na reabilitação da força e da mobilidade dos lábios

Nome _____

1. Você atua na área de motricidade orofacial ou disfagia? Sim Há quanto tempo? _____ Não**2. Possui especialização em motricidade orofacial ou disfagia?** Especialização em Motricidade Orofacial Especialização em Disfagia Mestrado Doutorado Não**3. Os exercícios realizados para reabilitação da força dos lábios são compatíveis com os exercícios convencionais que você utiliza para reabilitação da força dos lábios?** Não, são incompatíveis Sim, são pouco compatíveis Sim, são moderadamente compatíveis Sim, são totalmente compatíveis**4. Os exercícios realizados para reabilitação de mobilidade dos lábios com este instrumento são compatíveis com os exercícios convencionais que você utiliza para reabilitação da mobilidade dos lábios com seus pacientes?** Não, são incompatíveis Sim, são pouco compatíveis Sim, são moderadamente compatíveis Sim, são totalmente compatíveis**5. Na sua opinião, os exercícios realizados para reabilitação da força e mobilidade dos lábios contribuirão para uma nova forma de reabilitação labial?** Não, são irrelevantes Sim, são pouco relevantes Sim, são moderadamente relevantes Sim, são muito relevantes**6. Você teve alguma dificuldade para operar o instrumento?** Sim, muita dificuldade Sim, dificuldade moderada Sim, pouca dificuldade Não, nenhuma dificuldade

Se sim, relate quais foram as dificuldades: _____

7. Você sentiu dor ou desconforto enquanto utilizava o instrumento?

- Sim, muita dor/desconforto
- Sim, dor/desconforto moderados
- Sim, pouca dor/desconforto
- Não, nenhuma dor/desconforto

8. Você apresentou teve dificuldade para realizar movimentos para força ou para mobilidade?

- Sim, muita dificuldade
- Sim, dificuldade moderada
- Sim, pouca dificuldade
- Não, nenhuma dificuldade

Se sim, relate em quais movimentos houve a dificuldade.

9. Na sua opinião, o instrumento pode ser utilizado para reabilitação da força dos lábios?

- Não Sim

10. Na sua opinião, o instrumento pode ser utilizado para reabilitação da mobilidade dos lábios?

- Não Sim

11. Você gostaria de ter esse instrumento no seu trabalho?

- Não Sim

12. Quanto você pagaria pelo instrumento?

- nada
- até R\$100,00
- até R\$ 500,00
- mais de R\$ 500,00

13. Você saberia relatar alguma outra aplicação para esse instrumento?

- Não Sim Qual? _____
-

APÊNDICE 4

VALIDAÇÃO DE CONTEÚDO DO RELATÓRIO DE AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DO PACIENTE

1. Força Muscular

	Representatividade			
	1	2	3	4
Força máxima (maior força, em Newtons, realizada pelo paciente durante o jogo)	1	2	3	4
Força Mínima (menor força, em Newtons, realizada pelo paciente durante o jogo)	1	2	3	4
Força Média (média de todas as forças, em Newtons, realizada pelo paciente durante o jogo)	1	2	3	4
Quantidade de Movimentos com Força Máxima Alcançada (número de movimentos em que o indivíduo foi capaz de atingir a força solicitada no jogo)	1	2	3	4

2. Tempo de Sustentação da Contração Muscular

Sentido da Contração	Representatividade			
	1	2	3	4
Tempo Máximo de Sustentação da Contração Muscular (maior tempo, em segundos, que o paciente foi capaz de manter pressionados os pinos de interface dos lábios durante o jogo)	1	2	3	4
Tempo Médio de Sustentação da Contração Muscular (média do tempo, em segundos, que o paciente foi capaz de manter pressionados os pinos de interface dos lábios durante o jogo)	1	2	3	4
Tempo Mínimo de Sustentação da Contração Muscular (menor tempo, em segundos, que o paciente foi capaz de manter pressionados os pinos de interface dos lábios durante o jogo)	1	2	3	4
Quantidade de vezes que a sustentação se manteve completa (número de vezes em que o paciente manteve pressionados os pinos de interface dos lábios durante o tempo estipulado)	1	2	3	4

Clareza dos itens: Os itens acima foram bem redigidos? Eles estão claros?

() Sim, todos estão bem redigidos.

() Não, alguns não estão bem redigidos (no espaço abaixo, indique os itens que não estão bem redigidos).

Sugestões para torná-los bem redigidos:

Sugestões para adição ou retirada de itens:

APÊNDICE 5

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO DO ADULTO

Por meio deste termo, queremos convidá-lo(a) a participar de uma pesquisa desenvolvida por Renata Maria Moreira Moraes Furlan, Estevam Barbosa de Las Casas e Clarice Magnani Figueiredo, cujo objetivo é testar um método alternativo para reabilitação da força e da mobilidade dos lábios.

Primeiramente, será realizada uma avaliação clínica dos lábios, e o Sr(a) deverá realizar alguns movimentos com os lábios como bico, ou seja, projetar os lábios para frente, sorriso e estalar os lábios. Os seus lábios serão observados e tocados pelo examinador, o qual usará luvas para isso. A seguir, o Sr(a) colocará um aparelho na boca, direcionará o instrumento para as direções direita, esquerda, para cima e para baixo, além de movimentos de bico e retração dos lábios enquanto joga um jogo computacional. A seguir você deverá responder algumas perguntas sobre o aparelho e sobre os jogos. Todo o processo terá duração aproximada de 30 minutos.

O procedimento pode acarretar uma leve e passageira sensação de cansaço nos lábios. O tempo de realização dos exercícios será cronometrado para minimizar a fadiga. Sua participação nesta pesquisa não lhe trará qualquer benefício direto, mas proporcionará aos profissionais um maior conhecimento a respeito da reabilitação da força e da mobilidade dos lábios, melhorando assim, a atuação terapêutica na área de Fonoaudiologia. Caso seja detectada alguma alteração labial, o(a) Sr(a) será encaminhado para tratamento fonoaudiológico.

O(a) Sr(a) não pagará nem receberá nenhum valor financeiro ou compensações pessoais pela sua participação na pesquisa em questão. Os dados coletados serão utilizados somente para pesquisa, com publicação dos resultados em revistas e eventos científicos, não sendo divulgada a identificação de nenhum dos participantes.

O(a) Sr(a) tem direito de se manter informado sobre os resultados parciais da pesquisa, e tem a garantia de acesso a esclarecimentos de eventuais dúvidas em qualquer etapa do estudo. Também é garantida a liberdade de se recusar a participar e de retirar o consentimento, caso deseje desistir da pesquisa a qualquer momento, sem nenhum prejuízo.

Caso queira desistir da pesquisa ou obter mais informações sobre a mesma, o(a) Sr(a) poderá entrar em contato com os pesquisadores pelos telefones: (31) 98473-9272 (Renata) e (31) 99361-4722 (Clarice). Em caso de dúvida sobre a ética da pesquisa entre em contato com o Comitê de Ética em Pesquisa da UFMG, situado à Avenida Presidente Antônio Carlos, 6627 - Unidade Administrativa II - 2º Andar - Sala 2005 - CEP:31270-901 - BH-MG, telefone (031) 3409-4592 - e-mail: coep@prpq.ufmg.br. Este termo será assinado em duas vias, uma para você e uma para o pesquisador responsável.

Eu, _____, portador(a) do documento de Identidade _____, fui informado(a) dos objetivos do presente estudo de maneira clara e detalhada e esclareci minhas dúvidas. Sei que a qualquer momento poderei solicitar novas informações e modificar a minha decisão de participar. Declaro que concordo em participar desse estudo. Recebi uma cópia deste termo e me foi dada a oportunidade de ler e esclarecer as minhas dúvidas.

Belo Horizonte, _____ de _____ de 2019

Assinatura

Pesquisadores responsáveis:

Clarice Magnani Figueiredo _____ Renata Maria Moreira Moraes Furlan _____ Estevam Barbosa de Las Casas _____

APÊNDICE 6

TERMO DE ASSENTIMENTO DA CRIANÇA/ADOLESCENTE

Você está sendo convidado(a) a participar de uma pesquisa cujo objetivo é testar um novo método para melhorar a força e a mobilidade dos lábios. Para esta pesquisa pediremos que você realize alguns movimentos com os lábios como fazer bico, sorriso e estalar os lábios. Seus lábios serão observados e tocados pelo avaliador que usará luvas. Depois, você deverá encaixar um aparelho entre os dentes e os seus lábios. Para você jogar jogos no computador, você deverá realizar movimentos de bico e sorriso com os lábios e direcionar o instrumento para as direções esquerda, direita, para cima e para baixo. Em seguida você responderá algumas perguntas sobre o aparelho e o jogo.

Para participar deste estudo, o responsável por você deverá autorizar e assinar um termo. Você não terá nenhum custo, nem receberá qualquer valor. Você será esclarecido(a) sobre o que desejar e estará livre para participar ou recusar. O responsável por você poderá interromper a sua participação a qualquer momento. A sua participação é voluntária, ou seja, apenas se você quiser, e, se você não quiser participar, não tem nenhum problema. Você não será identificado em nenhuma publicação. O procedimento não causará riscos ou dor, mas poderá acarretar uma leve e passageira sensação de cansaço nos lábios.

Você tem direito de se manter informado sobre os resultados da pesquisa e pode nos perguntar as suas dúvidas em qualquer etapa do estudo. Você pode desistir da pesquisa a qualquer momento, sem nenhum prejuízo. Este termo encontra-se impresso em duas vias, sendo que uma cópia será do pesquisador responsável e a outra será entregue a você.

Eu, _____, portador(a) do documento de Identidade _____, fui informado(a) dos objetivos do presente estudo de maneira clara e detalhada e esclareci minhas dúvidas. Sei que a qualquer momento poderei solicitar novas informações, e o meu responsável poderá modificar a decisão de participar se assim o desejar. Tendo o consentimento do meu responsável já assinado, declaro que concordo em participar desse estudo. Recebi uma cópia deste termo de assentimento e me foi dada a oportunidade de ler e esclarecer as minhas dúvidas.

Belo Horizonte, _____ de _____ de 2019

Assinatura do(a) menor

Nome do responsável pelo menor: _____ RG: _____

Endereço: _____ Telefone de contato: _____

Pesquisadores responsáveis:

Clarice Magnani Figueiredo

Renata Maria Moreira Moraes Furlan Estevam Barbosa de Las Casas

Caso queira desistir da pesquisa ou obter mais informações sobre a mesma, o(a) Sr(a) poderá entrar em contato com os pesquisadores pelos telefones: (31) 98473-9272 (Renata) e (31) 99361-4722 (Clarice). Em caso de dúvida sobre a ética da pesquisa entre em contato com o Comitê de Ética em Pesquisa da UFMG, situado à Avenida Presidente Antônio Carlos, 6627 - Unidade Administrativa II - 2º Andar - Sala 2005 - CEP:31270-901 - BH-MG, telefone (031) 3409-4592 - e-mail: coep@prpq.ufmg.br.

APÊNDICE 7

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO DO RESPONSÁVEL

Por meio deste termo, queremos convidar o seu filho(a) a participar de uma pesquisa desenvolvida por Renata Maria Moreira Moraes Furlan, Estevam Barbosa de Las Casas e Clarice Magnani Figueiredo, cujo objetivo é testar um método alternativo para reabilitação da força e da mobilidade dos lábios.

Primeiramente, será realizada uma avaliação clínica dos lábios, em que o seu filho(a) deverá realizar alguns movimentos com os lábios como bico, ou seja, projetar os lábios para frente, sorriso e estalar os lábios. Os lábios de seu filho serão observados e tocados pelo examinador, o qual usará luvas para isso. A seguir seu(a) filho(a) colocará um aparelho na boca, direcionará o instrumento para as direções direita, esquerda, para cima e para baixo, além de movimentos de bico e retração dos lábios enquanto joga um jogo computacional. A seguir ele deverá responder algumas perguntas sobre o aparelho e sobre os jogos. Todo o processo terá duração aproximada de 30 minutos.

O procedimento pode acarretar uma leve e passageira sensação de cansaço nos lábios. O tempo de realização dos exercícios será cronometrado para minimizar a fadiga. Sua participação nesta pesquisa não lhe trará qualquer benefício direto, mas proporcionará aos profissionais um maior conhecimento a respeito da reabilitação da força e da mobilidade dos lábios, melhorando assim, a atuação terapêutica na área de Fonoaudiologia. Caso seja detectada alguma alteração labial, o seu filho(a) será encaminhado para tratamento fonoaudiológico.

O(a) Sr(a) não pagará nem receberá nenhum valor financeiro ou compensações pessoais pela sua participação na pesquisa em questão. Os dados coletados serão utilizados somente para pesquisa, com publicação dos resultados em revistas e eventos científicos, não sendo divulgada a identificação de nenhum dos participantes.

O(a) Sr(a) tem direito de se manter informado sobre os resultados parciais da pesquisa, e tem a garantia de acesso a esclarecimentos de eventuais dúvidas em qualquer etapa do estudo. Também é garantida a liberdade de se recusar a participar e de retirar o consentimento, caso deseje desistir da pesquisa a qualquer momento, sem nenhum prejuízo.

Caso queira desistir da pesquisa ou obter mais informações sobre a mesma, o(a) Sr(a) poderá entrar em contato com os pesquisadores pelos telefones: (31) 98473-9272 e (31) 99361-4722 (Clarice). Em caso de dúvida sobre a ética da pesquisa entre em contato com o Comitê de Ética em Pesquisa da UFMG, situado à Avenida Presidente Antônio Carlos, 6627 - Unidade Administrativa II - 2º Andar - Sala 2005 - CEP: 31270-901 - BH-MG, telefone (031) 3409-4592 - e-mail: coep@prpq.ufmg.br. Este termo será assinado em duas vias, uma para você e uma para o pesquisador responsável.

Belo Horizonte, _____ de _____ de 2019

Assinatura do responsável pelo participante

Nome do responsável pelo participante: _____ RG: _____

Nome do participante: _____

Endereço: _____ Telefone de contato: _____

Pesquisadores responsáveis:

Clarice Magnani Figueiredo

Renata Maria Moreira Moraes Furlan

Estevam Barbosa de Las Casas

APÊNDICE 8
PERGUNTAS PARA O PACIENTE

Nome _____

Idade _____

1. Porque você se encontra em tratamento fonoaudiológico?
2. Há quanto tempo você se encontra em tratamento fonoaudiológico?
3. Você sentiu dor ou desconforto enquanto utilizava o aparelho?
4. Você gostou dos jogos?
5. O que mais você gostou nos jogos?
6. O que você não gostou nos jogos?
7. Você achou fácil ou difícil jogar?
8. Você gostaria de jogar novamente?

ANEXO 1

QUESTIONÁRIO SUS SOBRE EFETIVIDADE, EFICIÊNCIA E SATISFAÇÃO DO INSTRUMENTO DE REABILITAÇÃO LABIAL

Questionário SUS sobre a efetividade, eficiência e satisfação do instrumento de reabilitação labial

Nome _____

1- Eu utilizaria este instrumento para reabilitação labial com frequência .

Discordo						Concordo
Fortemente	1	2	3	4	5	Fortemente

2- O instrumento é desnecessariamente complexo.

Discordo						Concordo
Fortemente	1	2	3	4	5	Fortemente

3- O instrumento é fácil de usar.

Discordo						Concordo
Fortemente	1	2	3	4	5	Fortemente

4- Preciso de ajuda para operar o instrumento.

Discordo						Concordo
Fortemente	1	2	3	4	5	Fortemente

5- As diversas funções deste instrumento foram bem integradas.

Discordo						Concordo
Fortemente	1	2	3	4	5	Fortemente

6- Existem muitas inconsistências no instrumento.

Discordo						Concordo
Fortemente	1	2	3	4	5	Fortemente

7- As pessoas aprenderão como usar o instrumento rapidamente.

Discordo						Concordo
Fortemente	1	2	3	4	5	Fortemente

8- O instrumento é muito complicado de usar.

Discordo						Concordo
Fortemente	1	2	3	4	5	Fortemente

9- Eu me senti muito confiante em usar o instrumento

Discordo						Concordo
Fortemente	1	2	3	4	5	Fortemente

10- É preciso aprender muitas informações antes de usar o instrumento.

Discordo						Concordo
Fortemente	1	2	3	4	5	Fortemente

ANEXO 2

Protocolo para Avaliação Fonoaudiológica Miofuncional - Lábios

Nome: _____

Idade: _____ Sexo: _____ Data de nascimento ___/___/___ Data da avaliação ___/___/___

Avaliador: _____

Avaliação de Lábios

Exame Extraoral

Posição habitual:	(0) fechados (2) entreabertos	(1) fechados com tensão (2) fechados em contato dentário	(2) ora abertos ora fechados (3) abertos
Forma- Superior:	(0) normal (<i>1º arco do cupido</i>)	(1) em asa de gaivota (<i>1º e 2º arco do cupido</i>)	
- Inferior:	(0) normal	(1) com eversão discreta	(2) com eversão acentuada
Comprimento do superior:	(0) cobre $\frac{2}{3}$ dos incisivos	(1) cobre mais que $\frac{2}{3}$	(1) cobre menos que $\frac{2}{3}$
Mucosa externa:	(0) normal	(1) com saliva	(1) ressecada (2) ferida

Exame intraoral

Mucosa interna:	(0) normal	(1) com marcas dentárias	(2) ferida
Frênulo superior:	fixação no rebordo alveolar:	(0) adequada	(1) baixa
	espessura: (0) adequada	(1) alterada (<i>descrever</i>): _____	

Mobilidade

	Adequada	Pequena alteração	Grande alteração	Ausente
Protrair fechados *	(0)	(1)	(2)	(3)
Retrair fechados *	(0)	(1)	(2)	(3)
Protrair abertos *	(0)	(1)	(2)	(3)
Retrair abertos *	(0)	(1)	(2)	(3)
Protrair fechados à D*	(0)	(1)	(2)	(3)
Protrair fechados à E*	(0)	(1)	(2)	(3)
Estalar protraídos	(0)	(1)	(2)	(3)
Estalar retraídos	(0)	(1)	(2)	(3)

*Executar com os dentes ocluídos

TÔNUS *Realizar observação visual e palpação*

	Normal	Diminuído	Aumentado
Lábio superior	(0)	(1)	(1)
Lábio inferior	(0)	(1)	(1)

Observação: _____

Fonte: Marchesan *et al.*, 2012