

**UTILIZAÇÃO DE ENGENHARIA INVERSA APLICADA A UM CASO DE
BRUXISMO**

Ana Catarina Afonso Veiga a29403

Dissertação apresentada à Escola Superior de Tecnologia e Gestão para obtenção do
Grau de Mestre em Engenharia Industrial

Orientação por:

Professor Doutor Luís Queijo

Novembro de 2020

Agradecimentos

Ao meu orientador, Professor Luís Queijo, pela sua disponibilidade, apoio total, pelos valiosos conselhos e conhecimentos que me transmitiu e por toda a motivação dada. Agradeço-lhe a compreensão, ensinamentos e simpatia e por me ter proporcionado as condições necessárias para a elaboração deste trabalho.

À Clínica Médica e Dentária Dr. Cláudio Correia Alves e à Dra. Sofia Felício por me possibilitarem o acesso à minha tomografia, e por fornecer os recursos necessários na realização deste caso clínico.

Ao técnico Jorge Santos do laboratório FabLab que me auxiliou no processo de impressão do modelo, representando uma etapa muito importante neste trabalho.

Aos meus pais e irmãos, um agradecimento especial, pelo seu apoio incondicional, pelo amor, amizade e ajuda na superação dos obstáculos que foram surgindo ao longo destes anos.

Ao Rafael, pela infinita paciência e incentivo. Pela compreensão das minhas inseguranças, pela motivação e pela sua presença em todos os momentos.

A todos os meus amigos e colegas de curso por todos os bons momentos proporcionados e pela ajuda indispensável no decorrer destes anos.

Resumo

As goteiras oclusais são a abordagem de tratamento do bruxismo mais usada pelos médicos dentistas e, embora úteis como prevenção do desgaste dentário, ajudam na redução da atividade muscular mastigatória rítmica, característica do bruxismo.

O presente trabalho consiste na criação de uma goteira personalizada low cost recorrendo a técnicas de engenharia inversa aplicada ao fabrico. O propósito é que recubra parcialmente as superfícies dentárias, alterando a oclusão do paciente, para ser utilizado no período noturno a fim de amenizar os danos causados e desta forma ser considerada uma forma estratégica para o tratamento do bruxismo.

Com recurso à Biomodelação em alternativa aos métodos tradicionais atualmente utilizados, é possível através desta tecnologia, a obtenção de um biomodelo personalizado com grande detalhe. Verifica-se uma opção eficaz de tratamento para prevenção do desgaste dentário, de uma forma mais rápida e com custo mais acessível, apresentando todas as condições necessárias de forma a garantir o máximo benefício ao doente.

Palavras-chave: bruxismo, goteira, biomodelação, engenharia inversa.

Abstract

Occlusal gutters are the bruxism treatment approach most used by dentists and, although useful as prevention of tooth wear, they help to reduce rhythmic masticatory muscle activity, characteristic of bruxism.

The present work consists of the creation of a custom low cost gutter using reverse engineering techniques applied to the manufacture. The purpose is to partially cover the dental surfaces, changing the patient's occlusion, to be used at night in order to mitigate the damage caused and thus be considered a strategic way to treat bruxism.

Using Biodeling as an alternative to the traditional methods currently used, it is possible through this technology to obtain a customized biomodel with great detail. There is an effective treatment option for preventing dental wear, in a faster and more affordable way, presenting all the necessary conditions in order to guarantee the maximum benefit to the patient.

Keywords: bruxism, gutter, biomodeling, reverse engineering.

Índice

Agradecimentos	ii
Resumo	iii
Abstract	iv
Nomenclatura.....	vii
1. Introdução.....	1
1.1. Âmbito e Objetivo	1
2. Bruxismo	2
2.1. Classificação/Definição	2
2.2. Epidemiologia e prevalência	3
2.3. Sinais e sintomas	4
2.4. Diagnóstico	5
2.5. Tratamento	7
3. Goteiras	8
3.1. Definição	8
3.2. Função.....	9
3.3. Tipos de goteiras.....	10
4. Biomodelação	12
4.1. Aplicações de Biomodelos.....	13
4.1.1. Aplicações na Área Médica	13
4.1.2. Aplicações na Área Odontológica.....	16
4.2. Imagiologia Médica	17
5. Obtenção de imagem médica.....	17
5.1. Aquisição de imagem médica	17
5.2. Segmentação da imagem e Obtenção do Biomodelo Virtual.....	18
5.3. Software de desenho de próteses	20
6. Alteração e aperfeiçoamento do modelo	22
7. Obtenção de Modelos de Trabalho	24
8. Materiais e métodos utilizados	28
9. Utilização da goteira na prática	30
10. Resultados e Discussão	31
11. Conclusões e Trabalhos futuros	33
12. Referências bibliográficas	34

Índice de Figuras

Figura 1- Figura 1- Tabela de sinais e sintomas mais frequentes no bruxismo	4
Figura 2- Malformação arteriovenosa, vista de cima, e sua relação com outras estruturas (D’Urso, et al., 1999)	14
Figura 3- Modelo físico de aneurisma (adaptado de (I. S. Khan et al.,2014)).	15
Figura 4- (A) As pacientes; (B) os biomodelos dos crânios; (C) biomodelo da parte vascular.....	15
Figura 5- (a) Preparo dos blocos osseos; (b) Ajuste no biomodelo; (c) Fixação no paciente; (d) Resultado Final	16
Figura 6- Biomodelo real em formato STL.....	18
Figura 7- Biomodelo da Maxila em formato STL.....	19
Figura 8- Biomodelo da Mandíbula em formato STL	20
Figura 9- Modelo Final da Maxila em formato STL	21
Figura 10-Modelo Final da Mandíbula em formato STL.....	21
Figura 11- Primeira impressão do modelo	22
Figura 12- Segunda impressão da mandíbula.....	23
Figura 13- Terceira Impressão do modelo com base	24
Figura 14- Terceira Impressão do modelo - Maxila	25
Figura 15- Terceira Impressão do modelo - Mandíbula	26
Figura 16- Terceira Impressão do modelo completo – Maxila e Mandíbula	26
Figura 17- Modelo pronto para impressão	27
Figura 18- Impressão Final da Maxila	28
Figura 19- Impressão Final da Mandíbula	28

Nomenclatura

2D (Bidimensional)

3D (Tridimensional)

ATM (articulação temporomandibular)

AVM (malformação arteriovenosa cerebral)

BV (Bruxismo de vigília)

BS (Bruxismo do sono)

CAD (Computed Aided Digital)

DICOM (Digital Imaging and Communications in Medicine)

EMG (Electromiografia)

FDM (Fused Deposition Modeling)

MIMICs (Materialise's Interactive Medical Image Control System)

PSG (Polissonografia)

PVA (acetato de Polivinilo)

PLA (ácido polilático)

RM (Ressonância Magnética)

STL (Standard Triangulation Language)

TAC (Tomografia Axial Computorizada)

TC (Tomografia Computorizada)

TPU (poliuretano termoplástico)

1. Introdução

1.1. Âmbito e Objetivo

O tema do presente trabalho intitulado “Utilização de Engenharia inversa aplicada a um caso de Bruxismo” enquadra-se no âmbito da Dissertação apresentada à Escola Superior de Tecnologia e Gestão para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Industrial.

Os estudos efetuados neste trabalho contribuíram para aprofundar o conhecimento numa área com interesse profissional e pessoal.

O presente trabalho tem como finalidade conceber uma goteira personalizada para um caso de bruxismo, recorrendo a técnicas de engenharia inversa aplicada ao fabrico, através de impressoras “Low Cost” disponibilizadas pela Escola Superior de Tecnologia e Gestão.

O modelo assim que utilizado no paciente preferencialmente no período noturno, visa criar uma oclusão ideal e evitar desconforto ao ranger do dente, a fim de reduzir esse movimento, relaxar os músculos da mastigação e prevenir desgaste dentário devido a atividade parafuncional noturna, evitando danos permanentes.

2. Bruxismo

2.1. Classificação/Definição

A definição de bruxismo tem vindo a sofrer alterações ao longo dos anos, ou principalmente atualizações, em função da evolução do seu conhecimento e entendimento.

O bruxismo é uma atividade repetitiva dos músculos da mastigação caracterizada pelo apertar ou ranger dos dentes e/ou por contração tonificante dos músculos da mastigação, sem eventual contacto dentário (Lobbezoo et al., 2013).

A American Academy of Sleep Disorders propôs os termos “sleep bruxism”, bruxismo do sono (BS), e “awake bruxism”, bruxismo de vigília (BV). O BS e o BV devem ser consideradas entidades separadas, provavelmente com diferentes etiologias e diferentes presumíveis fatores de risco (Reddy et al., 2014).

O bruxismo, na aceção geral do termo, está subclassificado em primário, não relacionado a nenhuma outra condição médica, e secundário, associado a desordens neurológicas ou considerado um efeito adverso de drogas ou medicamentos (Guaita et al., 2016).

Em 1983 foi feita a distinção entre apertamento e rangido. Apertamento, é o encerramento forte numa relação estática entre a mandíbula e a maxila, quer seja em intercuspidação máxima ou em posição excêntrica. Rangido, corresponde ao fechamento forte numa relação maxilo-mandibular dinâmica enquanto o arco mandibular se move pelas várias posições excursivas (Reddy et al., 2014).

Atualmente existem dois tipos de bruxismo, um diurno ao qual está associado um fator psicossocial, e outro noturno caracterizado por uma disfunção neuromuscular associada ao sono. A determinação da prevalência do bruxismo na população geral é difícil, pois este hábito parafuncional é realizado inconscientemente por muitos indivíduos. A incidência de sinais e sintomas do bruxismo pode acontecer tanto em adultos (15 a 90%) quanto em crianças, que é extremamente variável, (7 a 88%) e somente 5 a 20% de bruxómanos tem conhecimento do ato. Para cada tipo devem ser considerados diferentes diagnósticos e formas de ação multidisciplinar. (Mengatto CM., 2016)

2.2. Epidemiologia e prevalência

A atividade muscular mastigatória rítmica tem sido observada em cerca de 60% da população adulta com baixa incidência de episódios por hora de sono e baixa força de contração muscular (Lavigne et al., 2001). Em pacientes com BS a incidência de episódios é três vezes maior, com uma contração muscular 40% mais forte. Portanto, o BS pode ser visto como uma manifestação extrema de comportamento fisiológico motor orofacial durante o sono com certos fatores aumentando a sua frequência e intensidade para um nível patológico de atividade músculo esquelética (Carra et al., 2012; Salue et al., 2015).

O BS ocorre na infância e adolescência com uma prevalência de 8 a 38%, tendendo depois a diminuir durante a vida adulta. Este grande intervalo de valores de prevalência é devido ao facto de a maioria dos estudos epidemiológicos serem apenas baseados em auto-relatos. (Carra et al., 2012; Manfredini et al., 2013)

Nas crianças, o aparecimento de BS pode ocorrer tão cedo quanto 1 ano de idade com a erupção dos incisivos decíduos, mas normalmente tem início entre os 4-8 anos de idade. A incidência de BS é maior entre os 10 e 14 anos e diminui posteriormente. A probabilidade de bruxismo é 3,6 vezes maior se as crianças sofrerem de uma desordem psicológica concomitante e 1,6 vezes maior se forem sonâmbulas. A ansiedade da separação no momento de deitar é significativamente maior nas crianças com BS do que entre as crianças sem BS (Saulue et al., 2015).

A prevalência do BS na população adulta, através de questionários presenciais e entrevistas telefónicas, parece ter valores de cerca de 8% e diminuir gradualmente com a idade (Guaita et al., 2016).

Nos idosos (>65 anos), a frequência de ranger ou apertar os dentes durante o sono desce para 1,1% (Castrillon et al., 2016).

A prevalência do BS é similar em ambos os sexos. (Singh et al., 2015).

2.3. Sinais e sintomas

O bruxismo pode levar a desgaste dentário, fadiga ou dor nos músculos da mastigação e cefaleias. No entanto, não foi observada relação direta entre a gravidade do bruxismo e a presença de sinais e sintomas adicionais (Rompré et al., 2007).

Nem sempre o bruxismo causa desordens dolorosas, de facto, são encontrados casos de graus extremos de atrição nos quais não é reportado qualquer tipo de dor. Os sinais e sintomas associados ao bruxismo podem também incluir fraturas de restaurações dentárias, fraturas dentárias, hipertrofia muscular, perda de dimensão vertical de oclusão, perda de dentes e perda de implantes. Para além disso, o bruxismo é considerado um fator de risco para desordens temporomandibulares (Castrillon et al., 2016).

<i>Sinais</i>	<i>Sintomas</i>
Desgaste dentário não fisiológico	Ranger os dentes, acompanhado por produção de ruído que pode acordar o companheiro ou nas situações mais severas o próprio
Endentações no bordo lingual	
Linha alba ao longo do plano oclusal	
Necrose pulpar	
Recessão gengival	
Lesões dentárias por abfração	Dor nas ATM
Lesões traumáticas por mordilhamento da mucosa jugal e lábios	Dor nos músculos mastigatórios e cervicais
Presença de tórus mandibular ou maxilar	
Aumento da atividade muscular	Cefaleia (especialmente na zona temporal quando o doente acorda pela manhã)
Hipertrofia dos músculos masséteres	
Redução do fluxo salivar	Hipersensibilidade dentária
Condicionamento na capacidade de abertura bucal	Mobilidade dentária aumentada
Fratura de restaurações, reabilitações protéticas e/ou estrutura dentária	Qualidade do sono reduzida. Sensação de cansaço.

Figura 1- Figura 1- Tabela de sinais e sintomas mais frequentes no bruxismo

(Dias, (2014))

2.4. Diagnóstico

O diagnóstico de BS baseia-se na entrevista clínica, na avaliação clínica e em exame de PSG (Polissonografia) (Saulue et al., 2015).

Durante a consulta o médico dentista deve ter atenção ao comportamento do paciente, por exemplo, agitado ou ansioso (Saulue et al., 2015).

Entrevistas clínicas ou questionários aos pacientes podem ajudar o médico dentista a perceber se o paciente é ou não suscetível de ter BS. Perguntas simples, tais como “o seu parceiro de cama tem notado que você aperta / range os dentes quando dorme?”, “acorda com sensibilidade / dor nos músculos da mandíbula? ”, e "os seus dentes estão doridos de manhã ao acordar?" podem ser muito úteis (Castrillon et al., 2016). A entrevista deve também incluir perguntas sobre a toma de medicamentos, tais como antidepressivos ou antipsicóticos e drogas (por exemplo, ecstasy). Também se deve perguntar quanto a aumento da sensibilidade dentária e presença de cefaleias (especialmente na zona temporal) em particular, de manhã ao acordar (Saulue et al., 2015).

O exame clínico deve incluir a palpação da cabeça e pescoço, a fim de detetar dor causada por disfunção do aparelho estomatognático. A hipertrofia dos músculos masséter pode ser um sinal de bruxismo. Também deve ser feito um exame da mucosa oral (procurar edentações na mucosa jugal ou na língua), avaliação da saliva secretada (existe risco aumentado de desgaste dentário na ausência ou quantidade insuficiente de saliva), e por último uma avaliação da severidade do desgaste dentário (Saulue et al., 2015).

Quando perante pacientes com sinais e sintomas de BS deve-se pesquisar sobre a existência de outras condições médicas, como problemas respiratórios noturnos, insónia, transtorno do deficit de atenção e hiperatividade, depressão, mau humor e refluxo gastroesofágico antes de qualquer plano de tratamento ser iniciado. Se uma condição médica concomitante for diagnosticada, a abordagem de tratamento será destinada em primeira instância ao distúrbio médico e, simultaneamente, à gestão das repercussões do BS (Saulue et al., 2015).

A PSG é, atualmente, o padrão de ouro para o diagnóstico de BS. Com a PSG é possível discriminar a presença de atividade muscular mastigatória rítmica, típica do BS (Lavigne et al., 1996), de outras atividades, tais como deglutição, tosse, movimentos do

corpo, sucção, movimentos da cabeça, abertura dos olhos e piscar de olhos (Kostrzewa-Janicka et al., 2015).

A PSG tem uma sensibilidade e especificidade >80% para detetar BS. Infelizmente, trata-se de um meio de diagnóstico que requer profissionais experientes na interpretação dos dados da PSG, bem como é de custo elevado e não é um equipamento de fácil de acesso. Todos estes fatores limitam sua aplicação na investigação e em pacientes (Castrillon et al., 2016).

Outros métodos de diagnóstico têm sido propostos, tais como dispositivos de eletromiografia (EMG) portáteis. Todos estes métodos têm sido questionadas por terem algumas limitações para avaliar o bruxismo (Castrillon et al., 2016).

O BV é normalmente identificado pelo paciente. Não existem métodos objetivos que de uma forma segura quantifiquem esse comportamento (Guaita et al., 2016).

2.5. Tratamento

Não há nenhum tratamento definitivo para o bruxismo (Madani et al., 2013). Para o tratamento do bruxismo têm sido propostas abordagens comportamentais, oclusais e farmacológicas (Lobbezoo et al, 2008).

A evidência científica não suporta a relação entre bruxismo e oclusão, portanto a terapia oclusal não reversível não deve ser praticada. No entanto, a terapia oclusal reversível é o método mais frequentemente usado (Castrillon et al., 2016).

Está comprovado cientificamente que os aparelhos interoclusais são eficazes como prevenção do desgaste dos dentes, mas não param as atividades parafuncionais do BS (Castrillon et al., 2016).

A terapia com aparelho interoclusal é a escolha mais comum entre os médicos dentistas (Castrillon et al., 2016) e a sua eficácia tem vindo a ser alvo de estudo.

O objetivo principal do aparelho é criar uma oclusão ideal, colocar os côndilos em relação cêntrica, relaxar os músculos da mastigação e prevenir desgaste dentário devido a atividade parafuncional noturna (Wieckiewicz et al., 2015).

3. Goteiras

3.1. Definição

As goteiras oclusais são aparelhos removíveis, de acção reversível, que encaixam sobre as superfícies incisais e oclusais dos dentes entre o maxilar e a mandíbula (Okeson, 2008).

Atualmente, consideram-se a modalidade terapêutica mais utilizada e pode ser classificada de acordo com o tipo de material usado na sua confecção, os desenhos e localização na arcada (Macedo, 2008; Matsumoto et al., 2015; Yap e Chua, 2016).

Podem ser dispositivos acrílicos, rígidos ou moles, sendo utilizados em casos mais severos de bruxismo para ajudar a dissipar algumas forças das cargas intensas (Amoroso AP et al., 2013).

As goteiras podem ser colocadas no arco superior ou inferior e são mais utilizadas para o tratamento do bruxismo do sono. Devem ter uma cobertura total dos dentes e uma espessura de 2 a 3 mm (Oliveira GAS et al., 2007)

O principal objetivo terapêutico que lhes é atribuído é a proteção da estrutura dentária.

3.2. Função

A função destes dispositivos orais é proteger os dentes e restaurações do desgaste e da carga traumática adversa, possibilitando que a ATM adote a posição articular ortopedicamente mais estável (Okeson, 2008).

Dependendo do tipo de goteira utilizada, permitem estabilizar, diminuir as cargas excessivas e melhorar as funções da ATM, assim como, reduzir atividades musculares anormais, dores musculares e melhorar as funções do sistema mastigatório muscular (Machado et al., 2011; Yadav e Karani, 2011; Yap e Chua, 2016).

Apesar de não estar comprovada a sua eficácia a médio/longo prazo, é inegável a sua indicação nas situações de bruxismo com sintomatologia muscular associada e para prevenção das sequelas e traumas induzidos (desgaste dentário, fratura de dentes, restaurações, próteses e implantes). Garantem ainda uma ferulização temporária, garantindo uma redução da mobilidade dentária por trauma, sendo ainda benéficas para a polpa dentária e periodonto, na medida em que permitem uma distribuição das forças e previnem a concentração destas num ponto, superfície, face, dente ou área apenas. Habitualmente, o desconforto matinal referido pelo doente também diminui, quer a nível muscular, quer dentário. Além disso, reduzem substancialmente o som associado aos movimentos de ranger, que é incomodativo e fator de perturbação do sono dos parceiros ou mesmo do próprio doente (Paesani, D. et al, 2010)

3.3. Tipos de goteiras

Na literatura, são descritos vários tipos de desenhos de goteiras oclusais, que servem a diferentes condições, entre os quais se destacam a goteira de estabilização oclusal ou de relaxamento, goteiras de reposicionamento mandibular, plano de mordida anterior e posterior, placa pivotante e goteira resiliente (Okeson, 2008; Machado et al., 2011; Yadav e Karani, 2011).

Okeson em 1987 (cit. in Okeson, 2008), realizou um estudo de comparação entre os efeitos do uso de goteira de estabilização oclusal acrílica e resiliente (vinil) no BS, que envolveu 10 pacientes. Observou que os resultados demonstraram uma redução significativa na atividade muscular noturna, pelo uso de goteira oclusal rígida, na maioria dos pacientes, enquanto que, com a goteira resiliente, se verificou um aumento da atividade muscular, deste modo, concluiu que as goteiras rígidas seriam a opção mais benéfica para o tratamento do BS.

As goteiras de estabilização oclusal são aparelhos planos, de cobertura total dos maxilares, desenhadas com guia anterior e com contactos de todos os dentes oponentes em relação cêntrica. Estas são comumente, as mais usadas e procuradas na atualidade e foi reportada uma diminuição da actividade muscular massetéica em cerca de 50% dos pacientes bruxómanos (Matsumoto et al., 2015; Yap e Chua, 2016).

Matsumoto et al. (2015) expressaram através de um estudo randomizado controlado, em 20 bruxómanos, os efeitos do uso intermitente de goteira de estabilização oclusal através de um sistema portátil de gravação electromiográfica. Os resultados registaram uma redução do BS imediatamente após a sua inserção, contudo, este efeito foi apenas transitório e após a segunda semana não assinalou nenhuma redução. Por outro lado, verificaram também que, comparando ao uso contínuo, o uso intermitente desta goteira poderá reduzir a actividade do BS durante mais tempo (até 4 semanas).

Relativamente aos planos anteriores de mordida, apenas existe contacto entre os dentes anteriores da arcada oposta à goteira, com esta. O seu princípio de atuação baseia-se no facto dos stops de mordida anterior permitirem reduzir a actividade massetéica e temporal durante o aperto e ranger dos dentes. No entanto, estas goteiras têm como desvantagem, possíveis movimentos dentários e condilares indesejáveis se usados continuamente ao longo de um período, não podendo ser utilizadas de forma crónica (Yap e Chua, 2016).

A goteira de avanço mandibular, conhecida pelo seu uso no tratamento do ronco e da síndrome apneia obstrutiva do sono, segundo Yap e Chua (2016) demonstrou ser bastante eficaz no tratamento do BS. Este dispositivo intra-oral tem a função de reter a mandibular numa posição anterior relativamente à relação cêntrica com fixação na dentição, prevenindo o fecho da via respiratória.

No estudo de Mainieri et al. (2014) observou-se, através da avaliação do uso de goteira de avanço mandibular em 19 pacientes, e por meio de exames de PSG, uma redução da actividade do BS, assim como, dos sinais e sintomas, forças oclusais e dores de cabeça. Landry et al., (2006) e Landry-Schönbeck et al. (2009), realizaram estudos randomizados controlados, em que compararam o efeito da goteira de avanço mandibular com goteira de estabilização oclusal maxilar, em 13 indivíduos, e goteira de estabilização oclusal mandibular, em 12 indivíduos, respetivamente. Ambos estudos concluíram que o uso a curto prazo da goteira de avanço mandibular era mais eficaz na redução do BS, comparativamente às goteiras oclusais maxilar e mandibular, e também que apresentava uma melhoria significativa na qualidade do sono. Contudo, apesar da sua eficácia, o tratamento com este dispositivo foi suspenso em vários pacientes, devido às complicações que apresentava, maioritariamente dores (dentária, gengival, muscular e ATM) e alterações oclusais.

Segundo Macedo (2008) foi demonstrada uma associação do uso de goteiras oclusais (goteira de estabilização oclusal maxilar e goteira oclusal maxilar) com a diminuição da actividade EMG durante o sono e também uma melhoria a nível sintomatológico e da prevenção dos desgastes oclusais.

4. Biomodelação

O termo biomodelação é o termo genérico que descreve a capacidade de transformar a informação adquirida por imagem médica num modelo físico que reflecte a morfologia de uma estrutura biológica. O biomodelo resultante é obtido em resina epoxídica fotopolimerizável. (Urso P.D.,2006) Actualmente, os materiais usados podem ser o mais variados possível, desde matérias poliméricas com diversas características até vários tipos de matérias metálicos.

Para a produção do biomodelo é necessário que seja realizado ao paciente um exame tomográfico, e que a informação adquirida seja gravada em formato DICOM. Depois, e com recurso a um *software* adequado, o modelo é criado e editado. O *software* em questão também tem de permitir que este modelo virtual seja convertido num ficheiro em formato STL. O modelo físico é então obtido por uma técnica de Fabrico aditivo.

O recurso a esta tecnologia permite a obtenção de biomodelos num curto período de tempo e com grande detalhe, sendo elaborados sob controlo de um computador e com a mínima intervenção humana. (Oliveira M.,2008)

A maioria dos processos de prototipagem rápida consiste na produção dos biomodelos através de um processo de produção por camadas consecutivas horizontais. Estas são ligadas à camada precedente, até que todo o modelo esteja pronto. (Oliveira M.,2008)

4.1. Aplicações de Biomodelos

A biomodelação é uma técnica que tem várias aplicações em diferentes áreas de estudo, como por exemplo, na arqueologia e paleontologia, na medicina veterinária, na odontologia e principalmente na medicina. Particularmente na medicina, a biomodelação tem sido utilizada como técnica fundamental no aprimoramento do diagnóstico e planejamento cirúrgico de diversas patologias complexas. Casos de neurocirurgia, reconstrução de crânio e maxila, implantodontia e cirurgias ortopédicas, como também a confecção de próteses personalizadas, utilizam a biomodelação como ferramenta diferencial para o sucesso de todo o processo cirúrgico.

4.1.1. Aplicações na Área Médica

A área médica é uma das principais áreas onde as suas aplicações são muito úteis tanto para os médicos como para os pacientes.

A aplicabilidade dos biomodelos na área da medicina são diversos. No caso dos tecidos duros podem citar-se, por exemplo, os estudos realizados por D'Urso et al.(1999) e Robiony et al.(2008)

No que diz respeito a tecidos moles, os estudos são escassos contudo, em 1999, (D'Urso et al.) decidem aplicar a técnica de biomodelação de modo a ajudar na interpretação das estruturas vasculares cerebrais em situações de diagnóstico, no planejamento cirúrgico e no consentimento dos pacientes sobre o seu caso de patologia vascular cerebral. Quinze pacientes com aneurismas cerebrais e um paciente com uma malformação arteriovenosa cerebral (AVM) foram submetidos a exames de angiografia (TC e/ou RM) para uma posterior reprodução física de 19 biomodelos através da tecnologia de estereolitografia (Figura 1). Para a obtenção dos biomodelos digitais 3D, os autores utilizaram o *software* comercial Biobuild (Anatomics, Austrália). Os autores visualizaram que os aneurismas cerebrais foram bem representados pelos biomodelos e estes permitiram uma excelente visualização da sua relação com as estruturas adjacentes. Segundo relatos dos cirurgiões que utilizaram os biomodelos, foi possível compreender de forma mais clara a posição dos aneurismas cerebrais e da má-formação arteriovenosa perante outras estruturas, quando analisados tridimensionalmente. Além de maior compreensão, os biomodelos proporcionaram melhor posicionamento da cabeça do paciente para o ato cirúrgico, permitiram a simulação do corte operatório e aperfeiçoaram

o entendimento do paciente em relação à sua patologia e procedimento cirúrgico adotado bem como dos familiares mais próximos. (D'Urso, et al., 1999)

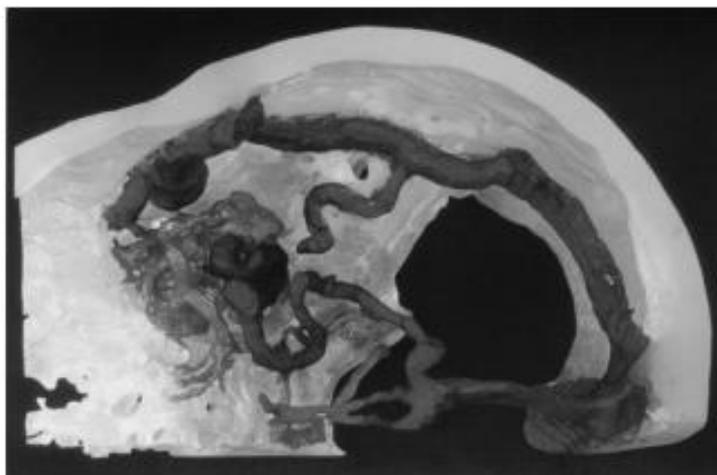


Figura 2 - Malformação arteriovenosa, vista de cima, e sua relação com outras estruturas (D'Urso, et al., 1999)

Lermusiaux et al., em 2001, realizaram um estudo em que o seu objetivo era produzir um modelo de um aneurisma da aorta abdominal (AAA) utilizando o processo de estereolitografia. Além de ajudar na concepção de stents (novas endopróteses), os modelos obtidos por esta técnica poderiam ser úteis para a simulação do procedimento cirúrgico. Neste estudo foram produzidos dois modelos, um à escala e outro 3 mm maior. Os resultados mostraram que a tecnologia de estereolitografia pode ser usada para construir modelos de AAA em tamanho natural em indivíduos vivos (P. Lermusiaux., 2001).

Khan et al. descrevem o método de fabricar um modelo de um aneurisma complicado e revêm algumas das suas utilidades no contexto de planeamento do tratamento, na pesquisa e no treino cirúrgico. Para a construção do modelo físico (Figura 2), de tamanho real, foram utilizados os dados provenientes da angiografia rotacional realizada a um paciente do sexo feminino, com 40 anos, que apresentava um aneurisma paraclinóideo. O modelo construído mostrou ser uma representação muito precisa do aneurisma e da vasculatura associada. Para além disso verificou-se a sua utilidade, entre outras coisas, para treino cirúrgico, como uma ferramenta de educação do paciente, planeamento do tratamento e investigação biomédica (I. S. Khan et al.,2014).



Figura 3- Modelo físico de aneurisma (adaptado de (I. S. Khan et al.,2014)).

Conhecidas como as “Pequenas Marias”, as gêmeas Maria Teresa e Maria de Jesus Quiej Alvarez nasceram na Guatemala, em 2001, unidas pelo crânio e com os rostos virados em direções opostas. A separação foi realizada na UCLA Medical Center, na Califórnia, após dois meses de preparação.

Através de imagens de tomografia computadorizada e ressonância magnética foi possível a confecção de biomodelos da parte óssea e vascular. A equipa médica utilizou no planeamento cirúrgico vários biomodelos em estereolitografia, entre eles, alguns que reproduziam os vasos sanguíneos das meninas. Segundo relatos da equipa envolvida na cirurgia, um estudo aprofundado da anatomia das pacientes, inclusive a revelação de detalhes que não estavam aparentes nos exames realizados previamente, só puderam ser estudados através dos biomodelos, fator determinante para o sucesso da cirurgia.

A Figura 4 ilustra as gêmeas antes da cirurgia de separação, bem como a simulação realizada no biomodelo. A utilização dos biomodelos encurtou para 25% o tempo usualmente gasto em procedimentos semelhantes. (Foggiatto, J. A., 2006.)

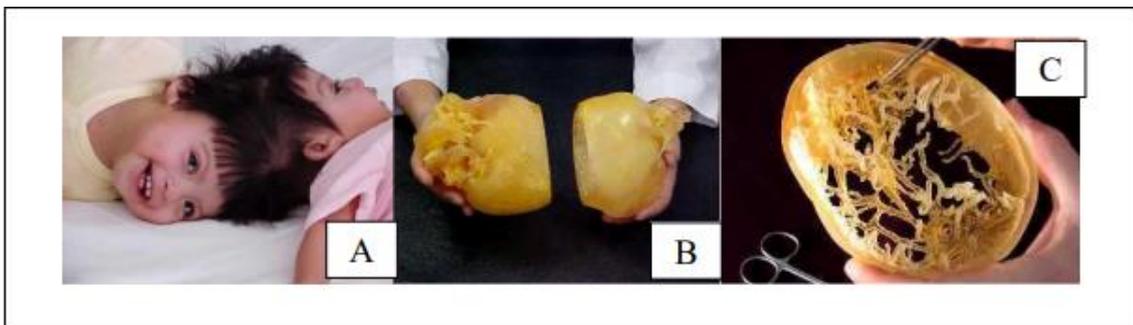


Figura 4- (A) As pacientes; (B) os biomodelos dos crânios; (C) biomodelo da parte vascular.

(Biomodel (2015))

4.1.2. Aplicações na Área Odontológica

O uso de biomodelos tem permitido diminuir o tempo das intervenções cirúrgicas trazendo mais conforto ao paciente e reduzindo a possibilidade de erros para o cirurgião. Dentro da odontologia destacam-se a área das próteses, implantes, ortodontia e cirurgias como as principais beneficiárias do uso desta tecnologia.

Em outro trabalho, Zandoná (2003) utiliza um biomodelo em ABS construído numa máquina de Prototipagem Rápida (FDM 200-UTFPR) para auxiliar o tratamento de um paciente que apresentava ausência dos elementos 22 e 21, e com o dente 11 com extração prevista, Na fase pré-cirúrgica in-vitro, realizada em ambiente estéril foi feita a ajustagem e a fresagem dos blocos ósseos adaptando-os sobre o biomodelo completo protótipo; e na fase cirúrgica in-vivo foram instalados os blocos na paciente, fixados por parafusos como na técnica convencional de enxerto em blocos (Figura 4).

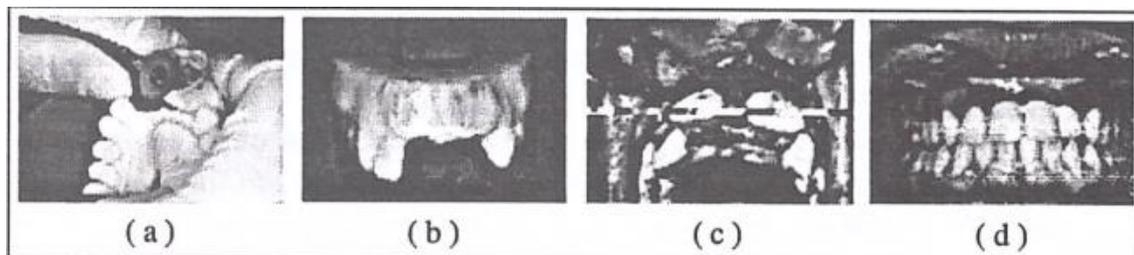


Figura 5- (a) Preparo dos blocos ósseos; (b) Ajuste no biomodelo; (c) Fixação no paciente; (d) Resultado Final ..

(Zandoná (2003))

O autor comenta que o ajuste do bloco ósseo foi significativamente facilitado pela ausência de sangue e tecido moles, e pela possibilidade de manipulação do biomodelo com extrema liberdade, o que eu não é possível realizar no paciente na técnica clássica.

4.2. Imagiologia Médica

A imagiologia médica refere-se a várias tecnologias diferentes que são utilizadas para observar e explorar o corpo humano. Cada tecnologia dá informações acerca da área do corpo a ser estudada ou tratada, procurando deste modo revelar estruturas internas escondidas, bem como informações para o diagnóstico e tratamento de uma certa doença ou mesmo, da eficácia de um tratamento (L. M. C. Queijo.,2013).

Duas das técnicas imagiológicas mais utilizadas para aquisição de imagens médicas são: a Tomografia Computorizada (TC) e a Ressonância Magnética (RM), que permitem a obtenção de imagens do corpo humano seccionado. As secções que se seguem explanam alguns conceitos adjacentes a estas duas técnicas.

5. Obtenção de imagem médica

Segundo Gouveia (2009) existem três etapas básicas e essenciais para a obtenção de biomodelos, que são apresentadas a seguir:

- Aquisição e arquivamento das imagens advindas do interior do corpo humano obtidas por tomografia computadorizada, no formato DICOM;
- Tratamento destas imagens através de programas específicos de biomodelação;
- Confeção dos biomodelos utilizando processos de fabrico aditivo.

5.1. Aquisição de imagem médica

O caso clínico trata-se de uma paciente do sexo Feminino com 25 anos de idade, saudável, não fumadora, com dentição completa e definitiva.

Inicialmente foi realizada uma tomografia computadorizada da arcada dentária completa.

A tomografia axial computadorizada (TAC) é um método radiológico que permite reproduzir secções do corpo humano com o objetivo de obter um diagnóstico. É um método não invasivo, rápido, fidedigno e de alta precisão que permite a visualização imediata de regiões anatómicas do corpo humano com riscos reduzidos para o paciente. (Rodrigues A. F., 2007)

Após a realização do exame tomográfico, a informação adquirida é gravada em formato DICOM. Depois, e com recurso a um *software* adequado, o modelo é criado e editado, para tal o software tem de permitir que este modelo virtual seja convertido num ficheiro em formato STL, como pode ser visto na figura 6.

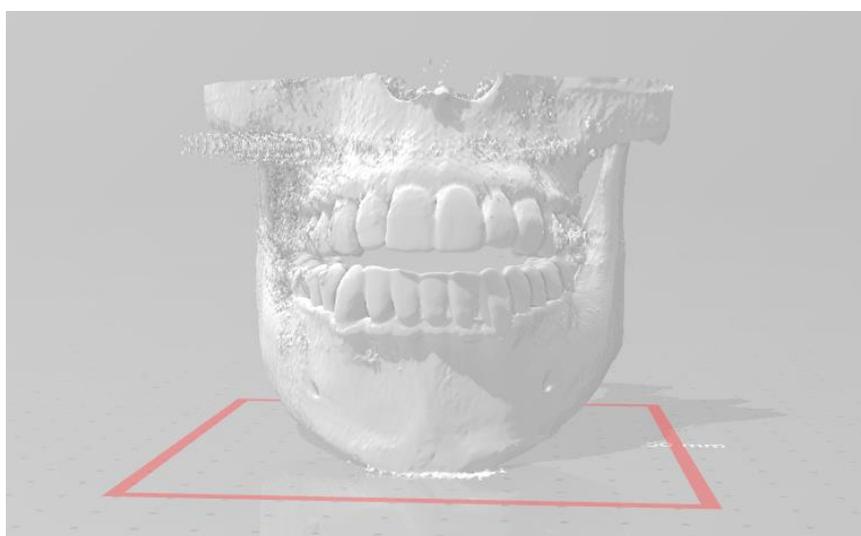


Figura 6- Biomodelo real em formato STL

5.2. Segmentação da imagem e Obtenção do Biomodelo Virtual

Para obtenção do modelo 3D inicialmente fez-se a aquisição de imagens médicas bidimensionais através da TC (Tomografia Computorizada), transformando essas projeções 2D em modelos 3D, sendo estes modelos tratados por dois *software*: *software* de reconstrução 3D (MIMICS®) sendo de dedicação exclusiva à biomodelação de imagens médicas bem como para a criação de modelos 3D e *software* de desenho de prótese (3-Matic®), um *software* de desenho de próteses que cria próteses à medida do paciente. (Guerra M.,2017.)

Através do software Mimic's foi, inicialmente, realizada a segmentação do modelo, que consiste em separar as estruturas que interessam para a reconstrução 3D e feita uma pesquisa percorrendo todas os cortes para ser identificada a estrutura desejada e posteriormente aplicar a segmentação. Em seguida é processada a edição manual do modelo, em que zonas sem interesse são eliminadas através da remoção de artefactos e após essa fase dá-se a exportação do modelo para ficheiros STL.

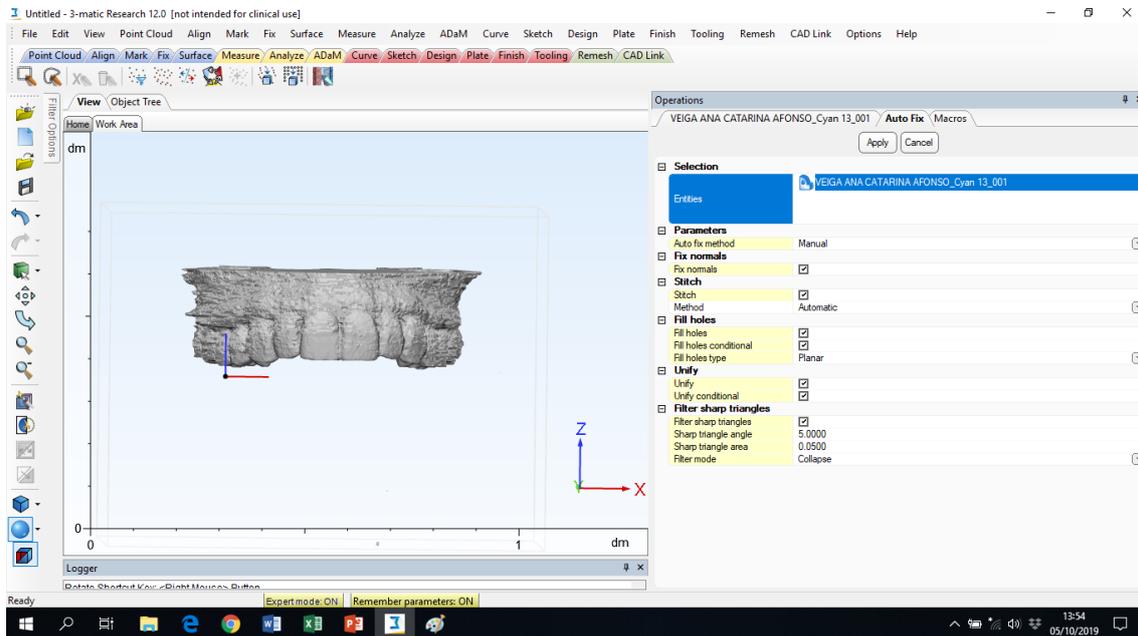


Figura 7- Biomodelo da Maxila em formato STL

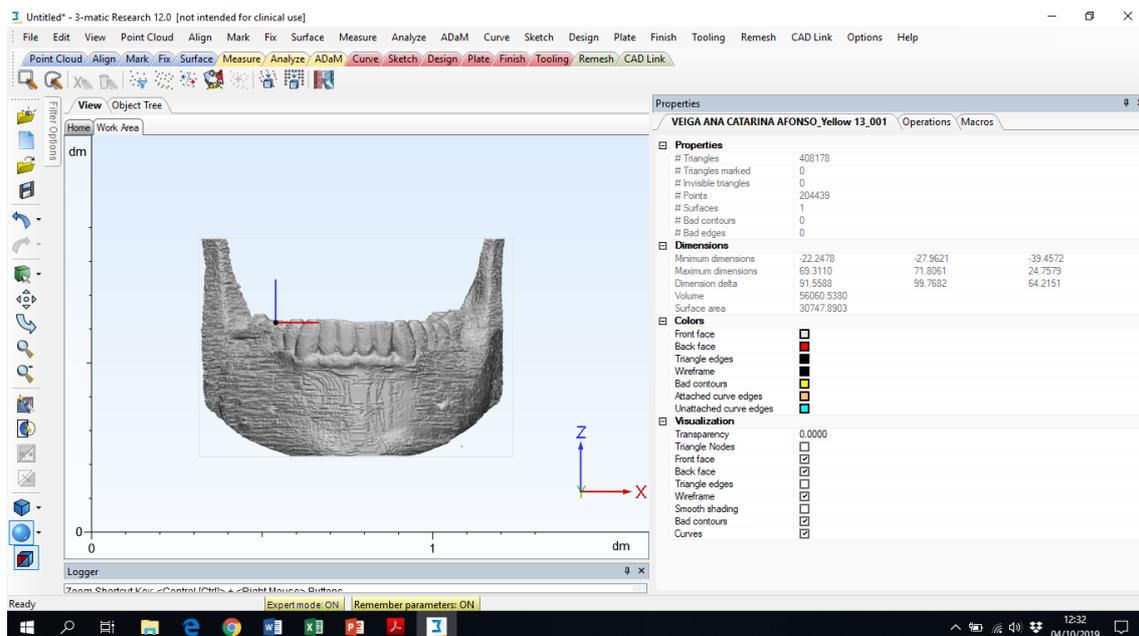


Figura 8- Biomodelo da Mandíbula em formato STL

Com os biomodelos 3D reconstruídos e exportados em formato STL, Figura 7 e Figura 8, inicia-se a fase de projeto, que consiste na importação do biomodelo 3D, análise e correção, edição do biomodelo conforme as necessidades do projeto e exportação da geometria no formato apropriado.

5.3. Software de desenho de próteses

Nesta etapa foi usado o programa 3-Matic®, capaz de modelar ficheiros STL, sendo possível desenhar a prótese à medida, recorrendo aos modelos anteriormente reconstruídos.

Este *software* trabalha diretamente sobre arquivos em formato STL. Apresentando um funcionamento similar aos habituais *software's CAD*, possui funções muito próprias e é capaz de combinar ferramentas de desenho *CAD* para a edição e manipulação de imagens médicas em três dimensões, e capacidades de pré-processamento (Leal N., 2011).

De forma a completar e aprimorar alguns dos parâmetros pré estabelecidos pelo programa, realiza-se a análise e correção do biomodelo 3D. Posteriormente é desenhada

manualmente uma curva de modo a criar uma marcação de fronteira, de modo a eliminar a estrutura restante sem interesse, neste caso a parte da gengiva, ficando apenas com o pretendido, a superfície da dentição.

Após estabelecidos os modelos finais da Mandíbula (Figura 9) e Maxila (Figura 10), e convertidos em formato STL, o próximo passo é a impressão 3D.

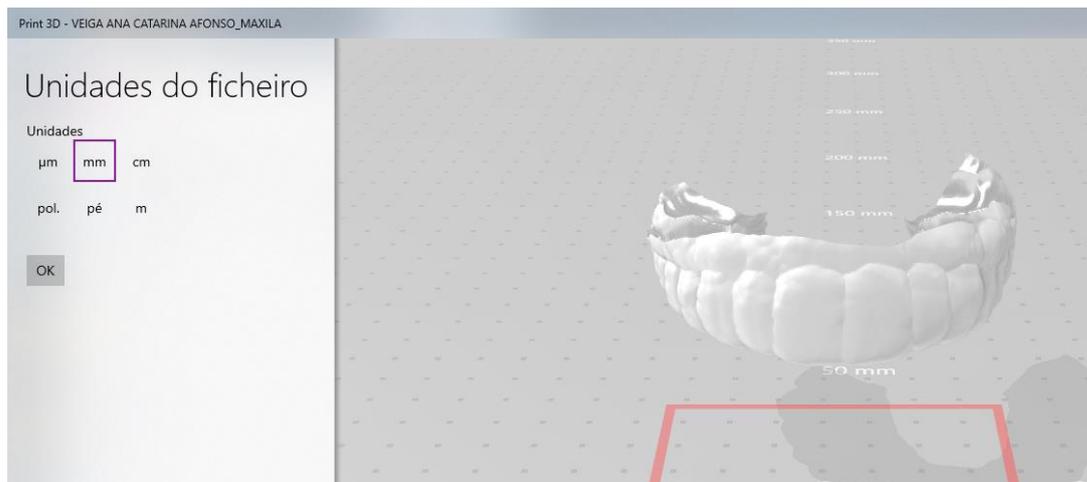


Figura 9- Modelo Final da Maxila em formato STL

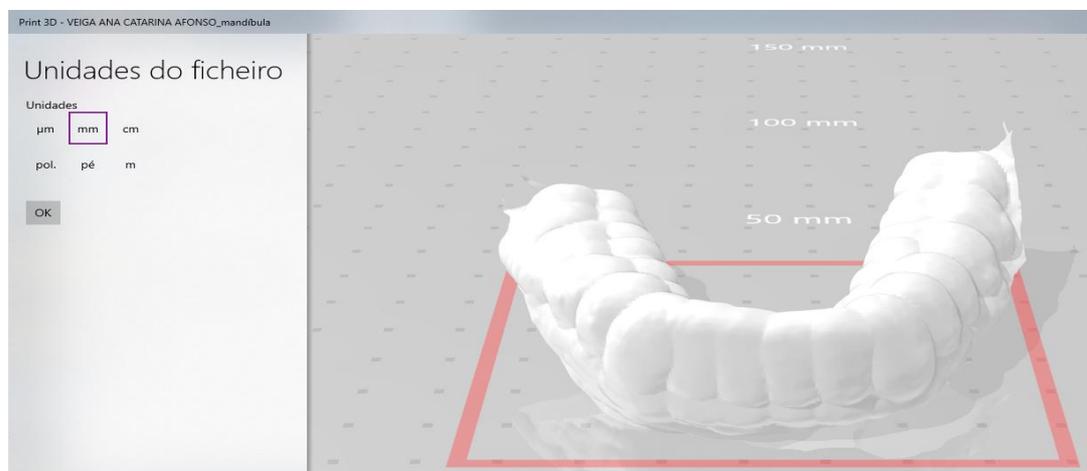


Figura 10-Modelo Final da Mandíbula em formato STL

6. Alteração e aperfeiçoamento do modelo

Na fase de projeto final de licenciatura efectuaram-se todas as etapas necessárias para a criação da goteira, em que os modelos constituíam todos os parâmetros e reuniam as condições necessárias para a impressão.

Neste período e já com todas as condições necessárias para a elaboração da goteira, foi imprescindível recorrer ao modelo e material já utilizado e conforme as necessidades, editar e altera-lo a fim de o aperfeiçoar e personalizar.

Os biomodelos foram encaminhados para o processo de impressão 3D, sucedendo várias tentativas de impressão e analisando e explorando as opções de impressoras existentes em laboratório, até alcançar o modelo que reunia todos os padrões e medidas para o caso.

Na primeira tentativa de impressão do modelo, ocorreu um erro de impressão e não deu início de atividade devido a uma espessura muito fina da estrutura, para tal e de modo a contornar o contratempo, efetuou-se uma nova suavização do modelo e procedeu-se à criação de uma nova estrutura, foi corrigido e alterado o offset de 3mm para 2mm, de forma a cessar o problema.

Assim, efetivamente na primeira impressão, através do dispositivo “Cell-Robox”, o modelo começou a ser impresso com várias mal formações, já que não reconhecia o modelo na sua totalidade, fazendo o suporte e parando a meio do processo, devolvendo a impossibilidade de reconhecer a espessura do molde, como se observa na Figura 11.

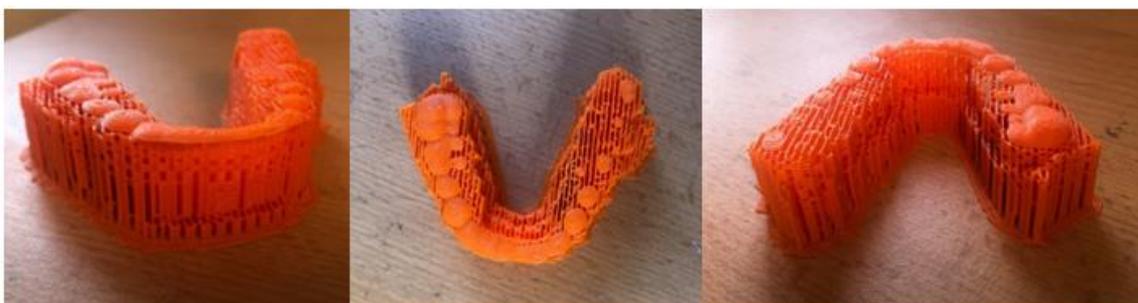


Figura 11 - Primeira impressão do modelo

Após esse desempenho verificou-se a existência de material extra, como que “pendurado”, que não fazia parte do modelo. Ocasinou-se um recuo na edição do modelo, por meio dos programas utilizados, a fim de averiguar a origem dos possíveis excessos, à qual se obteve os seguintes retornos:

- Mimic’s: não existem quaisquer artefactos a mais e os modelos estão completamente suavizados e reconstruídos.
- 3-Matic: análise e correção do modelo verificadas, edição e manipulação de imagens médicas com êxito.

Numa segunda experiência, através do equipamento “Cube Print 4.03”, o modelo foi preenchido interiormente na totalidade, resultando num modelo sem utilidade para o presente trabalho (Figura 12).



Figura 12- Segunda impressão da mandíbula

Com o auxílio do programa Automaker diretamente ligado às impressoras, foi possível através das opções pré-definidas por este, contribuir para a melhoria contínua do modelo.

No terceiro ensaio recorreu-se a um refinamento de malha através do programa “MeshMixer”, por meio da opção “Analises” e posteriormente pela opção “Inspector” em

que deteta problemas e de imediato, resolve. De seguida, com a impressora “Ultimaker Cura”, foi possível que o modelo no decorrer da impressão ficasse com o interior oco, tal como pretendido. Com a intervenção de uma base, no programa de impressão, foram realizados recortes, fazendo o exterior do modelo e por fim a base que foi retirada mais tarde por não deter interesse no uso do modelo (Figura 13)

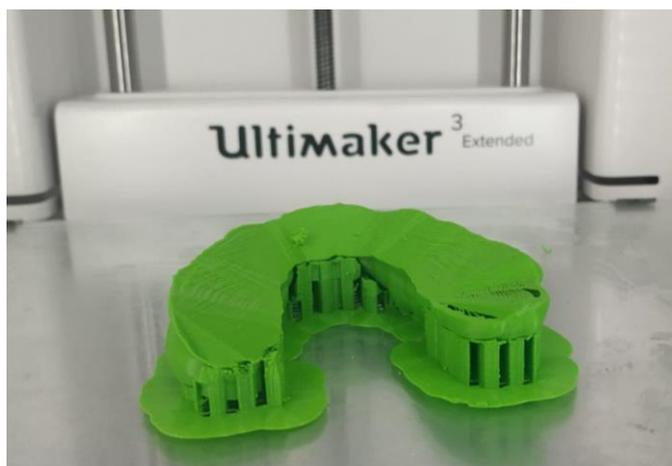


Figura 13- Terceira Impressão do modelo com base

7. Obtenção de Modelos de Trabalho

A presença das tecnologias na prática da Medicina Dentária é cada vez mais evidente. A impressão 3D, enquanto tecnologia associada à possibilidade de um rápido planeamento e impressão de objetos em 3D, surge como uma promissora e inquestionável mais-valia na abordagem futura da prática clínica em medicina dentária, podendo ser transversal e útil do diagnóstico ao tratamento/manutenção. A produção CAD/CAM poderá ser obtida de forma subtrativa ou de forma aditiva (processo de impressão 3D). O termo “impressão 3D” é utilizado de forma sinónima a: “prototipagem rápida”, “confeção aditiva”, “impressão tridimensional”. Este método de confeção é definido como: “o processo de juntar materiais para fabricar objetos a partir de um modelo prévio 3D, geralmente camada após camada, ao contrário do processo mais antigo, o subtrativo”. A estereolitografia, a sinterização a laser (SL), a Modelagem por Deposição de Fusão (FDM) e a impressão inkjet surgem como tecnologias de confeção aditiva com potencial diferenciado, intimamente ligadas com a área da saúde. (Azevedo, J. P., 2017)

O modelo em estudo foi obtido através da Ultimaker 3 Extended, uma impressora 3D de grande formato com extrusora dupla que permite fabricar objetos com materiais de construção como Nylon, PLA, ABS ou CPE e suportes com material PVA solúvel em água.

Em norma é impresso o modelo por meio de um suporte em PVA, acetato de polivinilo, um polímero sintético, termoplástico, insípido e inodoro, que dissolvido em água acaba por ter melhor acabamento, revertendo numa mais-valia para o processo.

Devido à inexistência do material em PVA em laboratório, o modelo foi impresso na totalidade, suporte e material do modelo, num só mesmo, em PLA, ácido polilático.

A velocidade de impressão foi a 0,06mm e o tempo de impressão foi de 6 horas e 49 minutos na maxila e sensivelmente o mesmo para a mandíbula, resultando num total de aproximadamente 13 horas.

A nível de estimativa de preço, através deste tipo de impressoras low cost, o orçamento de uma goteira personalizada deste género é cerca de 129,15 euros com IVA, utilizando somente o material PLA.



Figura 14- Terceira Impressão do modelo - Maxila

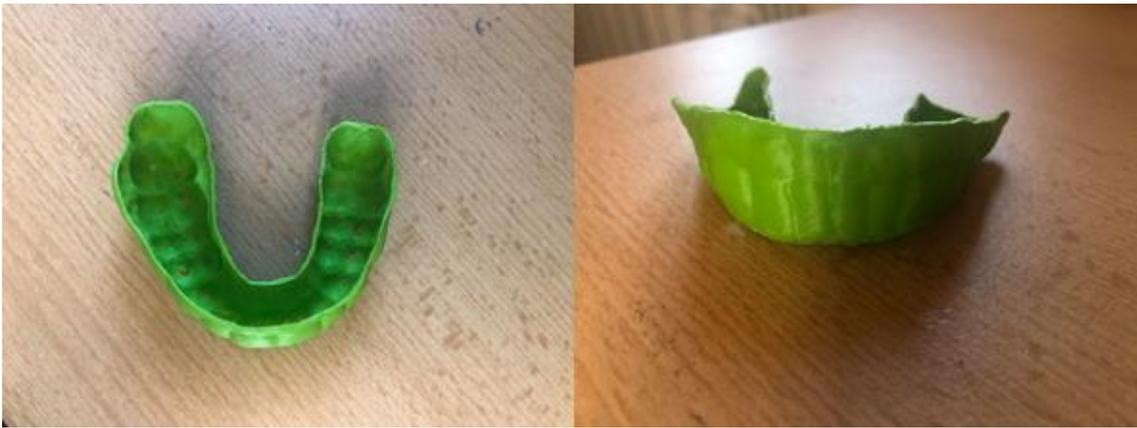


Figura 15- Terceira Impressão do modelo - Mandíbula



Figura 16- Terceira Impressão do modelo completo – Maxila e Mandíbula

Com o resultado adequado obtido (Figura 17) foi posteriormente inserido na cavidade oral pelo paciente a fim de verificar a praticabilidade e veracidade da goteira, tendo como feedback, modelo bastante funcional no entanto material bastante rígido e pouco confortável.

De acordo com o resultado anteriormente alcançado, foi imprescindível uma nova tentativa de impressão num outro material que atribuísse ao modelo uma maior flexibilidade e amortecimento. O material selecionado foi o filamento TPU 95A (Poliuretano Termoplástico) da Ultimaker, sendo este altamente versátil para aplicações industriais e a escolha para uma grande variedade de projetos de fabricação que exigem as qualidades da borracha e do plástico.

Foi realizado um ajuste gengival da goteira por meio do programa Mash Mixer 3.5 e sofreu ajustes no programa Ultimaker Cura a fim de renuir todos os paramentos para impressão, como se observa na Figura 8, foi posteriormente impresso através da impressora 3D Ultimaker 3 Extended.

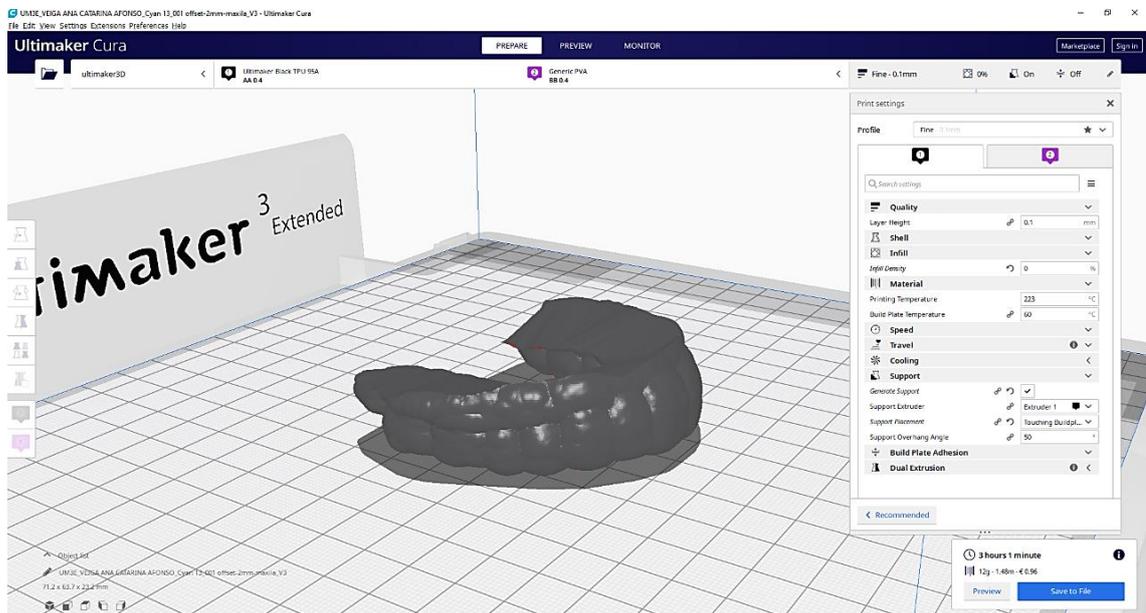


Figura 17- Modelo pronto para impressão

A velocidade de impressão foi a 0,1mm e o tempo de impressão foi de 3 horas e 1 minuto na maxila e sensivelmente o mesmo para a mandíbula, resultando num total de aproximadamente 6 horas.

A estimação de preço, através deste tipo de impressoras e utilizando o fialamento TPU 95^a da ultimaker, para uma goteira personalizada como a do presente trabalho é cerca de 62 euros com IVA.



Figura 18- Impressão Final da Maxila



Figura 19- Impressão Final da Mandíbula

8. Materiais e métodos utilizados

A escolha do material deve ter em conta a estética e a resistência às forças tensionais exercidas, de forma a desenvolver e manter a saúde da cavidade oral.

É extremamente importante a procura de materiais que permitam a preparação de próteses satisfatórias, principalmente no que se refere as qualidades de ajuste, biocompatibilidade, resistência biomecânica, pigmentação e corrosão.

O processo mais usado entre as impressoras 3D de baixo custo é chamado de Fused Deposition Modeling, este é conhecido como FDM. A tecnologia FDM produz modelos

conceituais, protótipos funcionais e peças para uso final em termoplásticos padrão, de engenharia e de alto desempenho. É a única tecnologia de impressão 3D profissional que utiliza termoplásticos de categoria de produção. Assim, as peças criadas são inigualáveis em termos de resistência mecânica, térmica e química (Stratasys, 2017).

Quando se trata de filamentos para impressoras 3D, os materiais mais utilizados são PLA, ABS, PETG (PET, PTT), Nylon, os flexíveis TPE, TPN e TPC e o PC, porém as características técnicas difundidas se resumem apenas sobre resistências, durabilidade e custos, mas as características ambientais como toxicidade e consumo de energia emitidas na fabricação das peças durante o processo de impressão ou reciclabilidade não são muito levadas em conta pelos usuários na sua grande maioria. Por isso é de suma importância fazer um levantamento destes aspectos para que estas informações possam ser multiplicadas.

O ácido polilático (PLA) é o principal filamento utilizados nas impressoras 3D, possui uma temperatura de impressão menor que acrilonitrilo butadieno estireno (ABS), por isso não necessita de mesa aquecida para impressão.

Segundo Brito et al.,(2013) “o poli (ácido lático)–PLA é um poliéster alifático, termoplástico, semicristalino ou amorfo, biocompatível e biodegradável, sintetizado a partir do ácido lático obtido de fontes renováveis”. As fontes renováveis de onde é derivado o PLA são oriundas do amido de milho, cana-de-açúcar, raízes de tapioca e amido de batata.

Não é tóxico, e por ser um termoplástico biodegradável, torna-se mais ecológico do que a maioria dos filamentos de impressoras 3D.

Quando aquecido para sua extrusão, sente-se um leve aroma doce, tem a capacidade de degradar-se em ácido lático, é inofensivo ao organismo humano e devido a esta propriedade é usado na medicina em suturas e implantes cirúrgicos. É considerado o material mais fácil de se trabalhar, por isso é bastante indicado aos iniciantes de impressão 3D.

Pode ser usado em louças descartáveis, produtos de higiene, embalagens de alimentos e tem menor propensão a deformação quando comparado com o ABS O PLA é quebradiço, portanto deve-se evitar de usá-lo em peças que requer resistência mecânica, e também em peças com exposições a temperaturas em torno de 60°C ou mais. Têm maior facilidade para entupir o bico do extrusor e seu armazenamento requer um cuidado maior

devido ao fato do PLA absorver facilmente umidade do ar, caso isto aconteça, será necessária uma maior temperatura de extrusão. (Besko, Marcos a; Bilyk, Claudio b; Sieben, Priscila Gritten., 2017)

Um dos materiais mais interessantes entre os usados na impressão em 3D é o filamento flexível. Com isso, entende-se um conjunto de polímeros termoplásticos que possuem a característica comum de que podem sofrer grandes deformações e recuperar a forma inicial sem sofrer danos.

Os filamentos flexíveis tornam possível fazer novos tipos de peças e projetos que não podemos alcançar com filamentos rígidos tradicionais.

Embora a flexibilidade seja o principal atributo desses materiais, existem outras propriedades que caracterizam os materiais de impressão flexíveis 3D e os tornam muito interessantes para muitos outros tipos de projetos. Dentre eles, destacam-se a resistência aos esforços e impactos, a possibilidade de dobrar sem partir, a resistência química a diversos produtos e a qualidade de retorno ao estado original após o estiramento. Essas propriedades podem ser utilizadas para a fabricação de protótipos e componentes.

Na última impressão do modelo e a que se adapta melhor às necessidades do paciente, foi utilizado o filamento TPU 95A da Ultimaker.

Este possui alta resistência ao impacto e uma excepcional resistência ao desgaste, dureza 95 de Shore-A e até 580% de alongamento na ruptura, contém boa resistência à corrosão de muitos óleos e produtos químicos industriais comuns e é projetado para uma experiência de impressão rápida e sem interrupções.

9. Utilização da goteira na prática

A adaptação à placa para bruxismo dá-se de forma rápida e simples para a maioria dos pacientes. Detalhes como a utilização de materiais adequados, encaixe sem pressão sobre os dentes e corpo fino e delicado ajudam para diminuir os contratempos nos primeiros dias de uso do aparelho. Para que uso do dispositivo seja contínuo é importante que:

- O dispositivo esteja livre de pressões ou muito volumoso e extenso;

- Nos primeiros três dias iniciais é normal acordar e encontrar a placa mio-relaxante caída na cama ou chão – mantenha, mesmo assim, o uso noturno até acostumar-se;
- O uso da placa durante o dia, nos primeiros de uso, facilita o processo de adaptação;
- Pacientes com ronco ou apnéia do sono, ao observar o aumento destas condições, devem retornar ao dentista;
- Limpar diariamente o dispositivo com escovas com cerdas duras impregnadas com pasta de dente; (Leite L. G., 2019)

10. Resultados e Discussão

A atividade bruxómana pode ser avaliada usando um aparelho intra-oral e classificada de duas formas: observação de facetas de desgaste no aparelho intra-oral e medição da força de mordida exercida no aparelho intra-oral. Durante todo o processo foram tidas em conta essa classificação e avaliados parâmetros que consideravelmente importantes para a primeira impressão e opinião, por parte do doente.

A estabilidade sobre a arcada apresentou resultados menos positivos para a goteira obtida em PLA, devido às componentes do material oferecerem uma pressão em excesso sobre a dentição, ser muito rígido e firme e um pouco violento para a gengiva, tornando desconfortável o uso da goteira e com pouca praticabilidade.

Após vários testes de impressão, recorrendo a vários modelos de impressoras e testados materiais distintos, foi alcançado um modelo final que vai de encontro às necessidades do paciente. A goteira com material flexível é a mais eficaz pelo conjugar de sensações, pela espessura e pela superfície mais polida, sendo um recurso adequado de tratamento para prevenção do desgaste dentário do paciente.

Tendo por base todo o trabalho desenvolvido, é possível desenvolver um recurso terapêutico que leva à diminuição da sintomatologia no caso da patologia Bruxismo.

A criação de uma goteira personalizada através de engenharia inversa torna-se uma opção eficaz como prevenção do desgaste dos dentes, de uma forma mais rápida e com custo bastante mais acessível em comparação aos métodos tradicionais usados na atualidade.

A escolha do material teve em conta a estética e a resistência às forças tensionais exercidas, visto tratar-se de um caso de Bruxismo principiante, considerando todos os aspetos importantes como a resistência e durabilidade do equipamento de forma a desenvolver e manter a saúde da cavidade oral.

Ao custo do dispositivo em si, acompanha-se adicionar toda a implicância do tempo necessário para a inserção da goteira e ajustes necessárias. A correção e o ajuste que garantam um correto assentamento e passividade, bem como as correções do esquema oclusal, são fundamentais para o garante de eficiência da goteira, desde o momento inicial.

A estas devem adicionar-se as necessidades de correção durante os controlos e acompanhamento dos doentes, que dependendo dos materiais utilizados podem ser de maior ou menor expressão, dependendo do desgaste/alteração produzidos na estrutura inicial e da maior/menor facilidade de reparação (direta ou indireta).

Todos estes aspetos justificam a ampla janela de custos verificados, mas principalmente, é necessário encontrar o dispositivo que apresente todos os requisitos básicos fundamentais e que possa garantir o máximo benefício ao doente.

A imagiologia médica, como meio complementar de diagnóstico, tem vindo a ser expandida para exploração do corpo humano. As imagens médicas ligadas às tecnologias de visualização e à análise tridimensional são, essencialmente, imprescindíveis no diagnóstico médico e no tratamento de patologias, uma vez que apresentam um elevado grau de detalhe anatómico, para além de serem muito úteis nos procedimentos cirúrgicos necessários no tratamento de diversas patologias.

O recurso à Biomodelação permite a obtenção de biomodelos, detendo a capacidade de transformar a informação adquirida por imagem médica num modelo físico, num curto período de tempo e com grande detalhe, facilitando também o diagnóstico de certas patologias.

A impressão 3D possibilita um rápido planeamento e impressão de objetos em 3D e emerge como uma promissora e inquestionável mais-valia na abordagem futura da

prática clínica em medicina dentária, podendo ser transversal e útil do diagnóstico ao tratamento/manutenção.

O uso crescente de materiais impressos 3D impõe, então, a necessidade de uma maior compreensão e conhecimentos sob os efeitos dos mesmos, particularmente a nível do impacto na saúde do organismo humano, com especial interesse aquando da sua utilização a longo prazo. Assim é recomendada a utilização de materiais devidamente legislados e suportados por certificados de biocompatibilidade, principalmente em situações de contacto direto entre o produto final e o meio oral, ou produtos para utilização e permanência prolongada na cavidade oral como é o exemplo do presente trabalho, goteiras oclusais.

11. Conclusões e Trabalhos futuros

Apesar do Bruxismo não ser uma desordem que ponha em risco a vida do paciente bruxómano, pode influenciar a sua qualidade de vida.

Nenhuma terapêutica demonstrou, até hoje, ter uma eficácia e capacidade curativa permanente do BS. O tratamento e estratégias adotadas visam apenas, o controlo e minimização de possíveis consequências, que possam derivar da sua causa e são, normalmente, direcionados para a proteção dentária e de restaurações, alívio da dor e controlo da atividade do bruxismo.

Assim, a goteira oclusal sucede como estratégia odontológica mais aplicada para controlo da sintomatologia associada ao BS. É principalmente recomendada para proteção contra desgaste dentário, fratura de restaurações e implantes, e para atenuar os sintomas dolorosos das desordens temporomandibulares.

Em relação ao objetivo principal foi possível desenvolver e comparar as goteiras oclusais de estabilização por intermédio da utilização de engenharia inversa, com aquelas obtidas pela técnica convencional.

A goteira aplicada a este caso específico de Bruxismo, devido às características de resistência e porosidade do material utilizado na sua confeção, apresenta maior estabilidade morfológica, espessura homogénea e otimizada, maior resistência ao desgaste produzido pelos movimentos parafuncionais, menor alteração do aspeto por absorção de água e por acumulação de placa bacteriana, comparativamente às convencionais.

Relativamente à construção do biomodelo físico, para posterior análise experimental, pode-se concluir que ainda existem algumas limitações, especialmente quando se trata de geometrias bastantes complexas e de reduzidas dimensões. A dificuldade do processamento do modelo digital também se mostrou uma das limitações para a impressão do biomodelo físico.

Tendo presentes os resultados obtidos e as contrariedades que surgiram no decurso deste projeto, considera-se que o estudo de goteiras oclusais ficaria mais enriquecido com uma união de amortecimento dos dois moldes, mandíbula e maxila, através de um mecanismo próprio para o efeito, de forma a ser um modelo único mais funcional e com uma resistência superior ao ranger e trincar da arcada dentária, originando uma ação oral mais equilibrada do paciente.

12. Referências bibliográficas

- Amoroso AP, Gennari Filho H; Zuim PRJ, Zavanelli AC. Recuperação da dimensão vertical em pacientes com parafunção severa. *Revista Odontológica de Araçatuba*, v. 34, n. 2, p. 9-13, 2013.
- Besko, Marcos a ; Bilyk, Claudio b ; Sieben, Priscila Gritten, “Aspectos técnicos e nocivos dos principais filamentos usados em impressão 3D.”, *Gestão, Tecnologia e Inovação*, Vol.01 n.3, 2017.
- Carra MC, Bruni O, Huynh N. Topical review: sleep bruxism, headaches, and sleepdisordered breathing in children and adolescents. *J Orofac Pain* 2012;26(4):267–76.
- Castrillon EE, Ou KL, Wang K, Zhang J, Zhou X, Svensson P. Sleep bruxism: an updated review of an old problem. *Acta Odontol Scand.* 2016;74(5):328-34.35
- Dias, Ricardo., “Desenvolvimento de técnica laboratorial e avaliação clínica de goteiras oclusais rígidas obtidas por técnica assistida por computador

(CAD/CAM) no tratamento sintomático/ortopédico de doentes com diagnóstico de Bruxismo e/ou Disfunção Temporomandibular.”, Tese de Doutoramento em Ciências da Saúde apresentado à Faculdade de Medicina de Coimbra, 2014.

- Foggiatto, J. A. O uso da prototipagem rápida na área médico-odontológica. Revista Tecnologia e Humanismo, Curitiba, ano 20, n. 30, p. 60-68, 2006.
- Gouveia, M. F. Aplicação da prototipagem rápida no planeamento de cirurgias craniofaciais. 2009. 180 f. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) – Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2009.
- Guaita M, Högl B. Current Treatments of Bruxism. Curr Treat Options Neurol. 2016;18(2):10.
- Guerra M., “Cirurgia Guiada em Implantodontia”, Dissertação para obtenção do grau de Mestre em Tecnologia Biomédica, Escola Superior de Tecnologia e Gestão, Instituto Politécnico de Bragança, Bragança, 2017.
- Gustavo F. Brito; Pankaj Agrawal; Edcleide M. Araújo; Tomás J. A. de Mélo., “Efeito compatibilizante de uma argila organofílica na blenda PLA/terpolímero (etileno/acrilato de metila/metacrilato de glicidila)”Polímeros vol.23, no.4, São Carlos, 2013
- I. S. Khan, P. D. Kelly e R. J. Singer, “Prototyping of cerebral vasculature physical models,” Surgical Neurology International, vol. 5(1), pp. 47-50, 2014.
- Kostrzewa-Janicka J, Jurkowski P, Zycinska K, Przybyłowska D, Mierzwińska-Nastalska E. Sleep-Related Breathing Disorders and Bruxism. In: Pokorski M, editor. Ventilatory Disorders. Cham: Springer International Publishing; 2015. p. 9-14.
- Landry, M. et alli. (2006). Reduction of sleep bruxism using a mandibular advancement device: An experimental controlled study. The International Journal of Prosthodontics, 19(6), pp. 56-549.
- Landry-Schönbeck, A. et alli. (2009). Effect of an adjustable mandibular advancement appliance on sleep bruxism: a crossover sleep laboratory study. The International Journal of Prosthodontics, 22(3), pp. 9-251. 36
- Lavigne GJ, Rompr_e PH, Poirier G, Huard H, Kato T, Montplaisir JY. Rhythmic masticatory muscle activity during sleep in humans. J Dent Res 2001;80(2):443–8.

- Lavigne GJ, Rompre PH, Monplaisir JY. Sleep bruxism: validity of clinical research diagnostic criteria in a controlled polysomnographic study. *J Dent Res* 1996; 75:546–552.
- Leal N., “Desenvolvimento do processo de fabrico de próteses humanas em silicone para substituição de órgãos em tecidos moles”, Dissertação para obtenção do grau de Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, 2011.
- Leite, Luís Gustavo. (2019, Maio 17). Placa para Bruxismo macia ou rígida: acerte no material ideal. Disponível em: <http://luisgustavoleite.com.br/blog/placa-para-bruxismo-macia-ou-rigida/>
Acesso em: 9 de Novembro de 2020
- L. M. C. Queijo, “Biomodelling - an accuracy study,” Tesis Doctoral. Escuela de Ingenierías Industriales, Universidad de Valladolid, Espanha, 2013.
- Lobbezoo F, Ahlberg J, Glaros AG, Kato T, Koyano K, Lavigne GJ, De Leeuw R, Manfredini D, Svensson P, Winocur E. Bruxism defined and graded: an international consensus. *J Oral Rehabil* 2013; 40:2–4.
- Macedo, C. (2008). Bruxismo do sono. *Revista Dental Press de Ortodontia e Ortopedia Facial*, 13(2), pp. 18-22.
- Machado, E. et alli. (2011). Bruxismo do sono: possibilidades terapêuticas baseadas em evidências. *Dental Press Journal of Orthodontics*, 16(2), pp. 58-64.
- Madani AS, Abdollahian E, Khiavi HA, Radvar M, Foroughipour M, Asadpour H, et al. The efficacy of gabapentin versus stabilization splint in management of sleep bruxism. *J Prosthodont*. 2013;22(2):126-31.
- Mainieri, V. et alli. (2014). Analysis of the effects of a mandibular advancement device on sleep bruxism using polysomnography, the BiteStrip, the sleep assessment questionnaire, and occlusal force. *The International Journal of Prosthodontics*, 27(2), pp. 26-119.
- Manfredini D, Restrepo C, Diaz-Serrano K, Winocur E, Lobbezoo F. Prevalence of sleep bruxism in children: a systematic review of the literature. *J Oral Rehabil* 2013;40(8):631–42.
- Matsumoto, H. et alli. (2015). The effect of intermittent use of occlusal splint devices on sleep bruxism: A 4-week observation with a portable 37 electromyographic recording device. *Journal of Oral Rehabilitation*, 42(4), pp. 251-258.

- Mengatto CM, Coelho-de-Souza FH, de Souza Junior OB. Sleep bruxism: challenges and restorative solutions. . Clin Cosmet Investig Dent. 2016 Apr 22;8:71-7.
- Moreira, J., “Impressão 3D em Medicina Dentária”, Trabalho de Projeto do Mestrado Integrado em Medicina Dentária apresentado à Faculdade de Medicina, Coimbra, 2017.
- M. Robiony, I. Salvo, F. Costa, N. Zerman, C. Bandera, S. Filippi, M. Felice e M. Politi, “Accuracy of virtual reality and stereolithographic models in maxillofacial surgical planning,” Journal of Craniofacial Surgery, vol. 19(2), pp. 482-489, 2008.
- Okeson, J. (2008). Tratamento das Desordens Temporomandibulares e Oclusão. Elsevier. Rio de Janeiro, 6º Edição, pp. 116-398.
- Oliveira GAS, Beatrice LCS, Leão SFS. Reabilitação oral em pacientes com bruxismo: o papel da Odontologia Restauradora. International journal of dentistry, Recife, 6(4):117-123 OUT / DEZ 2007.
- Oliveira M., Hussain N.S., Dias A.G., Lopes M. A., Azevedo L., Zenha H., Costa H., Santos J. D., 3D Biomodelling Technology for Maxillofacial Reconstruction, Materials Science and Engineering C, 28,2008, 1347-1351
- Paesani, D., Bruxism - Theory and Practice. 2010, United Kingdom: Quintessence Publishing.
- P. Lermusiaux, C. Leroux, J. Tasse, L. Castellani e R. Martinez, “Aortic aneurysm: construction of a life-size model by rapid prototyping,” Annals of Vascular Surgery, vol. 15(2), pp. 131-135, 2001.
- P. D'Urso, T. Barker, W. Earwaker, L. Bruce, R. Atkinson, M. Lanigan, J. Arvier e D. Effeney, “Stereolithographic biomodelling in cranio-maxillofacial surgery: a prospective trial,” Journal of Cranio-Maxillofacial Surgery, vol. 27(1), p. 30–37, 1999.
- P. S. D'Urso, Ph.D., R. G. Thompson, R. L. Atkinson, M. J. Weidmann, M. J. Redmond, B. I. Hall, S. J. Jeavons, M. D. Benson e W. J. S. Earwaker, “Cerebrovascular biomodelling: a technical note,” Surgical Neurology, vol. 52(5), pp. 490-500, Novembro 1999.
- Reddy SV, Kumar MP, Sravanthi D, Mohsin AHB, Anuhya V. Bruxism: a literature review. J Int Oral Health. 2014;6(6):105-9. PubMed PMID: 25628497.

- Ribeiro Ferreira M., “Hemodinâmica em Biomodelo Digital de Aneurisma Cerebral”, Dissertação para obtenção do grau de Mestrado em Tecnologia Biomédica em Escola Superior de Tecnologia e Gestão, 2016
- Rodrigues A. F., Vitral R.W.F., Aplicações da Tomografia Computorizada na Odontologia, Pesquisa Brasileira em Odontopediatria e Clínica Integrada, João Pessoa, 7 (3): 317-324, Set./Dez. 2007
- Rompré PH, Daigle-Landry D, Guitard F, Montplaisir JY, Lavigne GJ. Identification of a sleep bruxism subgroup with a higher risk of pain. *J Dent Res.* 2007;86(9):837–42.
- Saulue P, Carra M-C, Laluque J-F, d'Incau E. Understanding bruxism in children and adolescents. *Int Orthod.* 2015;13(4):489-506.
- Singh PK, Alvi HA, Singh BP, Singh RD, Kant S, Jurel S, et al. Evaluation of various treatment modalities in sleep bruxism. *J Prosthet Dent* 2015;114:426-31.
- Tecnologia FDM. Disponível em: «<http://www.stratasys.com/br/impressoras-3d/tecnologias/fdm-technology>» . Acesso em: 7 nov. 2020.
- Urso P.D., *Advanced Manufacturing Technology for Medical Applications – Reverse Engineering, Biomodelling*, Editado por Gibson I., Jon Wiley & Sons, Cap. 3, 2006
- Veiga, A. C. “Projeto de goteira para caso de Bruxismo” Projeto Final de Licenciatura em Engenharia Biomédica, Escola Superior de Tecnologia e Gestão, Bragança, 2019.
- Wieckiewicz M, Boening K, Wiland P, Shiau Y-Y, Paradowska-Stolarz A. Reported concepts for the treatment modalities and pain management of temporomandibular disorders. *J Headache Pain.* 2015;16:106.
- Yap, A. e Chua, A. (2016). Sleep bruxism: Current knowledge and contemporary management. *Journal of Conservative Dentistry*, 19(5), pp. 383-389.
- Yadav, S. e Karani, J. (2011). The essentials of occlusal splint therapy. *International Journal of Prosthetic Dentistry*, 2, pp. 12-21.
- Zandoná, M., *Otimização de enxertos ósseos aposicionais com auxílio de imagens tomográficas computadorizadas e engenharia simultânea*, Monografia - Especialização em Implantodontia, Universidade Católica do Paraná, 2003.