



Universidade Federal do Acre
Programa de Pós-Graduação em
Ciências da Saúde da Amazônia Ocidental

**O desenvolvimento de modelos 3D sobre a disfunção
temporomandibular e a sua relação com o processo de
diagnóstico e tratamento da DTM**

Hélio Marcos Salmento de Araújo

Rio Branco – Acre
2023

O desenvolvimento de modelos 3D sobre a disfunção temporomandibular e a sua relação com o processo de diagnóstico e tratamento da DTM

Hélio Marcos Salmento de Araújo

Dissertação apresentada a Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Ciências da Saúde da Amazônia Ocidental como requisito para obtenção do título de mestre em Ciências da Saúde.

Orientador: Prof. Dr. Yuri Karaccas de Carvalho.

**Rio Branco – Acre
2023**



Universidade Federal do Acre
Programa de Pós-Graduação em
Ciências da Saúde da Amazônia Ocidental

Hélio Marcos Salmento de Araújo

**O desenvolvimento de modelos 3D sobre a disfunção
temporomandibular e a sua relação com o processo de diagnóstico e
tratamento da DTM**

Dissertação aprovada em 26 de julho de 2023, pela banca examinadora constituída pelos seguintes membros:

Prof. Dr. Yuri Karaccas de Oliveira
Universidade Federal do Acre
Orientador

Prof. Dr. Romeu Paulo Martins Silva
Universidade Federal de Catalão
Membro Interno da Banca Examinadora

Profa. Dra. Carla Bento Nelem Colturato
Universidade Federal do Acre
Membro Externo da Banca Examinadora

Rio Branco – Acre
2023

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca
Central da UFAC

A659d Araújo, Hélio Marcos Salmento de, 1983 -
O desenvolvimento de modelos 3D sobre a disfunção
temporomandibular e a sua relação com o processo de diagnóstico
e tratamento da DTM; orientador: Dr. Yuri Karaccas de Oliveira.-
2023.
61 f.: il.; 30 cm.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Acre,
Programa de Pós- Graduação em Ciências da Saúde na Amazônia
Occidental, Rio Branco, 2023.

Inclui referências bibliográficas, apêndices e anexos.

1. Síndrome da DTM. 2. Impressão 3D. 3. Técnica de
Diagnóstico. ICarvalho, Yuri Karaccas de (orientador). II. Título.

CDD: 610.7

Dedico este trabalho a minha esposa Ana Caroline Vasconcellos de Oliveira Salmento, aos meus filhos Pedro Lucas Vasconcellos de Araújo e Rebeca Vasconcellos de Araújo pelo apoio emocional e espiritual para o desenvolvimento deste trabalho.

Dedico.

AGRADECIMENTOS

Ao professor Yuri Karaccas de Carvalho pelas orientações, conhecimentos e prestações prestados a este projeto.

À Universidade Federal do Acre pela seção do Laboratório de Tecnologias Educacionais 3D para o processo de desenvolvimento do projeto.

Ao diretor do Centro de Ciências da Saúde e Desporto professor Carlos Frank Viga Ramos pelo apoio ao desenvolvimento da ciência 3D.

À professora Carla Bento Nelem Colturato pelas instruções e orientações deste projeto

À professora Carolina Pontes Soares pelo auxílio em ferramentas fundamentais da impressão 3D.

Ao professor Alcides Loureiro Santos que foi fundamental na realização do projeto 3D fornecendo material, assistência técnica e conhecimento de prototipagem.

Ao técnico em radiologia André da Silva Barbosa pela colaboração técnica em radiologia.

Ao coordenador do Laboratório de Tecnologias Educacionais 3D da Universidade Federal do Acre Francisco Glauco de Araújo Santos pelo ao projeto.

Ao professor Creso Lopes Machado pelas orientações metodológicas e didáticas do ensino superior.

“Ser feliz sem motivo é forma mais autêntica de felicidade.”

Carlos Drummond de Andrade

RESUMO

Introdução: a disfunção temporomandibular é uma anormalidade funcional da articulação temporomandibular que envolve ligamentos, ossos e o disco articular e alcança entre 40 a 75% da população mundial. A prototipagem rápida vem se constituindo numa ferramenta fundamental para o processo ensino aprendizagem dessa síndrome, bem como otimizando as técnicas de semiologia médico-odontológica. **Objetivo:** desenvolver modelos 3D, a partir de uma ressonância magnética, dos principais estágios da disfunção temporomandibular e sua relação no processo de diagnóstico e tratamento cirúrgico de emergência da disfunção, explicar os fatores limitantes do processo de intervenção cirúrgica e orientar a intervenção a partir do planejamento cirúrgico reverso. **Metodologia:** foram usados arquivos de extensão DICOM (*Digital Imaging and Communications in Medicine*) de ressonância magnética com e sem a disfunção temporal, os quais foram aplicados em um *software* de reconstrução de imagens médicas, *InVesalius 3.1*, transformado em linguagem triangular padrão, e manipulados no *Meshmixer®Autodesk Inc.©3.5* para correção de eventuais falhas na malha; posteriormente, foi realizada a preparação de impressão no *Simplify3D® 5.0* (*software* de fatiamento), para a qual o material de impressão, *Gtmax Core A3*, usado foi o acrilonitrila butadieno estireno. **Resultados:** as amostras impressas dos três modelos 3D demonstraram a articulação temporomandibular com as característica normal, com e sem redução. **Conclusão:** os modelos 3D apresentaram alta precisão morfológica da ATM e as variantes da disfunção temporomandibular, fazendo a odontologia digital indispensável à compreensão da disfunção e ao planejamento de cirurgias de média e alta complexidade da DTM.

Palavras-chave: Síndrome da DTM, Impressão 3D, Técnica de Diagnóstico, Tratamento de Emergência

ABSTRACT

Introduction: Temporomandibular dysfunction is a functional abnormality of the temporomandibular joint that involves ligaments, bones and the articular disc and reaches between 40 and 75% of the world population. Rapid prototyping has become a fundamental tool for the teaching-learning process of this syndrome, as well as optimising medical-dental semiology techniques. **Objective:** to develop 3D models, from an MRI, of the main stages of temporomandibular dysfunction and their relationship in the process of diagnosis and emergency surgical treatment of the dysfunction. **Methodology:** DICOM (Digital Imaging and Communications in Medicine) extension files of magnetic resonance imaging with and without temporal dysfunction were used, which were applied in a medical image reconstruction software, InVesalius 3. 1, transformed into standard triangular language, and manipulated in Meshmixer®Autodesk Inc.©3.5 to correct any flaws in the mesh; subsequently, print preprocessing was performed in Simplify3D® 5.0 (slicing software), for which the printing material, Gtmax Core A3, used was acrylonitrile butadiene styrene. **Results:** The printed samples of the three 3D models demonstrated the temporomandibular joint with the normal characteristic, with and without reduction. **Conclusion:** The 3D models showed high morphological accuracy of the TMJ and the variants of temporomandibular dysfunction, making digital dentistry indispensable for understanding the dysfunction and planning medium and high complexity TMD surgeries.

Keywords: Temporomandibular Joint Disorders, Printing three-dimensional, Diagnostic Techniques, Emergency Treatment

LISTAS DE FIGURAS

Figura 1. Articulação Temporomandibular.....	17
Figura 2. Imagem de ressonância magnética daArticulação temporomandibular com recaptura do disco articula.....	18
Figura 3. Articulação temporomandibular sem recapturação.....	19
Figura 4. Fluxograma de Criação e Verificação da DTM.....	30
Figura 5. Interface do software InVesalius® gerando superfície Standard Triangle Language-STL do Digital Imaging and Communications in Medicine-dicom da ressonância magnética.....	30
Figura 6. Interface do software Meshmixer®.....	31
Figura 7. Crânio com disco articular bem posicionado na cavidade glenoide temporal.	33
Figura 8. Disco articular em disfunção temporomandibular com recaptura.....	34
Figura 9. Disco articular com disfunção temporomandibular sem recaptura.....	34

LISTA DE TABELAS

Tabela1. Classificação da etiologia das disfunções da Articulação Temporomandibular.....	31
Tabela 2. Descrição dos parâmetros técnicos da impressora em 3D.....	32
Tabela 3. Apresentação de modelos de Articulação Temporomandibular e Disfunção Temporomandibular, relacionada ao início/data, término/data e tempo total em minutos.....	32

LISTA DE SIGLAS

ATM – Articulação Temporomandibular

DTM – Disfunção Temporomandibular

SUS - Sistema Único de Saúde.

DCN - Diretrizes Curriculares Nacionais.

OPAS - Organização Pan-Americana de Saúde.

MEC - Ministério da Educação e Cultura

MS – Ministério da Saúde

PNPS - Política Nacional de Educação Permanente em Saúde

CNS - Conselho Nacional de Saúde

LDB - Diretrizes e Bases da Educação Nacional

ABENO - Associação Brasileiro de Ensino Odontológico

SUMÁRIO

CAPÍTULO I.....	14
1. INTRODUÇÃO.....	14
2. REFERENCIAL TEÓRICO.....	17
2.1 Articulação Temporomandibular e Disfunção Temporomandibular.....	17
2.2 O ensino superior da odontologia no Brasil e sua abordagem sobre as patologias mais comuns do sistema estomatognático.....	21
2.3 A impressão 3D e sua aplicabilidade clínica e cirúrgica na odontologia.....	24
3. JUSTIFICATIVA.....	27
4. HIPÓTESE.....	28
5. OBJETIVOS.....	29
5.1 Geral.....	29
5.2 Específico.....	29
6. MATERIAL E MÉTODO.....	29
7. RESULTADOS.....	32
8. DISCUSSÃO.....	35
9. CONCLUSÃO.....	38
10. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	<u>39</u>
11.CAPÍTULO II.....	47

CAPÍTULO I

1. INTRODUÇÃO

A Disfunção da Articulação Temporomandibular (DTM), também conhecida como dor orofacial, é uma enfermidade de aspecto comum do mundo moderno. Segundo a Academia Americana de Dor Orofacial, estima-se que entre 40 a 75% da população mundial apresenta algum sinal de DTM em alguma fase da vida, mas que apenas de 3% a 7% buscam atendimento clínico para diagnóstico e posterior tratamento, seja de aspecto mitigador de dor ou de intervenção cirúrgica¹.

A DTM é uma condição clínica relacionada a vários fatores, dentre eles destacam-se: os hábitos parafuncionais (deglutição, fonação e mastigação), alterações oclusais, bruxismo, estresse, ansiedade descontrolada, desordens sistêmicas e fatores predisponentes. Independente dos fatores elencados, a DTM não é um caso apenas de pessoas de avançada idade, mas é possível encontrar relatos em jovens, principalmente em mulheres, atletas e trabalhadores sujeitos a grandes impactos de força na região ântero-mandibular².

Nesse aspecto, é importante considerar que a Articulação Temporomandibular (ATM) é uma articulação complexa em funcionalidade e em fisiologia, já que a mandíbula, único osso do crânio móvel da cabeça, permite movimentos rotacionais e translacionais devido a sua bi-articulação. O pleno funcionamento dessa articulação exige um complexo sinergismo ósseo, cartilaginoso e neuromuscular, os quais devem apresentar uma relação harmônica com as estruturas adjacentes. Caso isso não ocorra, pode estar havendo o comprometimento dessa articulação, cujos sinais são observados clinicamente em uma DTM³.

A associação entre os fatores etiológicos sistêmicos e os de natureza parafuncional ocluso-maxilo-mandibular são suficientes para desencadear assimetria geradora de desconforto da ATM. Não somente isso, mas, pesquisadores observaram que fatores traumáticos, desordens degenerativas, alterações musculares como hiperatividade ou hipoatividade, modificações funcionais e hábitos orais nocivos podem levar sobrecarga a ATM, de forma que se persistirem ou não tratadas, podem evoluir para uma DTM⁴.

A disfunção temporomandibular ou síndrome da disfunção temporal está presente não somente nas funções mecânicas da oclusão, como também nos problemas de ordem

sistêmico, precisamente aos relacionados às reumáticas e a fibromialgia. Desse modo, tais fatores de dor crônica, também podem apresentar dores na ATM, o que realça a sua complexidade sob o aspecto clínico e imagiológicos dessa enfermidade⁵.

Neste estágio da disfunção, é possível que as estruturas da cápsula articular apresentarão desgastes das estruturas ósseas da região, mas principalmente a presença derrames reumáticos no líquido sinovial muito comum em pacientes com o diagnóstico de artrite reumatoide avançada. Essa característica é perceptível na mordida menos potencializada, com destaque limitante e complicador do processo inflamatório⁶.

Nesse padrão patológico que se observa através de exame físico por meio da palpação da articulação, deve-se analisar o fator limitante de abertura e o fechamento de boca, o desvio da linha média, estalidos (clique) com redução e sem redução do disco articular. Nesse aspecto, tais relações ocluso-maxilo-mandibulares são refletidas no processo da fala, da mastigação, do cantar ou bocejar, além do que se deve considerar tais sinais acompanhados ou não de dores^{3,7}.

Não é incomum, pacientes com diagnóstico ou suspeita de DTM apresentarem dores localizadas como cefaleia, otalgia e dor oclusal. Esses sintomas podem estar relacionados a DTM, já que são reflexos inflamatórios do complexo músculo-vásculo-nervoso presentes na cápsula articular. Sendo assim, é oportuno ao cirurgião dentista realizar uma semiologia correlacionando o histórico médico do paciente com sinais e sintomas bem como aspecto comportamental de ansiedades do indivíduo. Assim, lança-se mão de exames imagiológicos, por exemplo tomografia e/ou ressonância magnética da ATM para fechar o diagnóstico⁸.

Uma vez que se fechou o diagnóstico, o profissional saberá qual técnica de tratamento, se as invasivas ou paliativas, serão consideradas com a finalidade de trazer o alívio da dor. Se por um lado há a conclusão dos determinantes da DTM, do outro lado, há um delicado protocolo cirúrgico para o tratamento da DTM sem redução. Nessa perspectiva, a prototipagem rápida, que transforma projetos digitais em objetos tridimensionais, pode ser o recurso fundamental tanto para o cirurgião dentista, como também para as escolas de odontologia e especializações no Brasil em relação a didática da fisiopatologia dessa síndrome⁹.

Logo, o ensino anatomofuncional da ATM segmentária do modelo biomédico pode ter na prototipagem rápida, uma aliada às propedêuticas, às disciplinas de pré-clínica e clínica do processo saúde-doença dessa articulação. Ela vai auxiliar na compreensão das casuísticas dos processos inflamatórios e algicos da ATM na medida em que ela

imprime peças ou modelos conforme geometria anatomopatológica resultante das ressonâncias magnéticas ou tomografia. De modo geral, a 3D, como objeto indispensável no processo de ensino aprendizagem, é capaz de auxiliar o profissional ou estudante de odontologia no desenvolvimento organizador do pensamento, na construção essenciais do conhecimento bem como ampliar as conexões de memória entre literatura e aula prática^{10,11}.

A tecnologia 3D tem-se tornada profusa cada vez mais nos grandes centros cirúrgicos e clínicas odontológicas em todo mundo e no Brasil desde 1960. Ela engloba vários segmentos profissionais, más em matérias das ações médico-odontológicas, com destaques especiais a implantodontia, cirurgias ortognáticas e protéticas. Através do sistema *Computer Aided Design-CAD e Computer Aided Manufacturing-CAM* para confecções de próteses, e na bioengenharia dos tecidos, a prototipagem tem tido papel fundamental nas aplicações de implantes e de enxertos biocompatíveis¹².

Os compósitos bioativos 3D são capazes de estabelecerem diminuição dos riscos da rejeição ou bioreabsorção dos tecidos, pois a bioimpressão, usando nanopartículas, é aplicada para poder substituir tecidos ósseos desgastados causados, por exemplo, pelas sinovites e capsulites. Assim, o efeito terapêutico dessa bioimpressão de suporte vai proporcionar um ambiente com uma superfície ideal para migração e adesão de células do organismo receptor, fortalecendo o aspecto natural de funcionalidade e biocompatibilidade do tubérculo articular e côndilo da mandíbula.

Nesse aspecto, o uso da prototipagem rápida, para a produção de peças tridimensionais sobre a disfunção temporomandibular, tem por objetivo desenvolver modelos 3D, a partir de uma ressonância magnética, dos principais estágios da disfunção temporomandibular e sua relação no processo de diagnóstico e tratamento cirúrgico de emergência da disfunção, explicar os fatores limitantes do processo de intervenção cirúrgica e orientar a intervenção a partir do planejamento cirúrgico reverso¹³.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 A Articulação Temporomandibular e a Disfunção Temporomandibular

A articulação temporomandibular (ATM) é uma articulação do tipo gínglimo e bilateral cujas faces articulares são envolvidas pelo côndilo da mandíbula, o tubérculo articular do temporal e a fossa mandibular do temporal. Cada articulação, tanto a direita quanto a esquerda, possuem um disco articular, cuja característica anatômica é constituída por uma lâmina fibrocartilaginosa, convexa-côncava, na forma elíptica, situada entre o côndilo da mandíbula e fossa mandibular, conforme figura 1¹⁴⁻¹⁶.

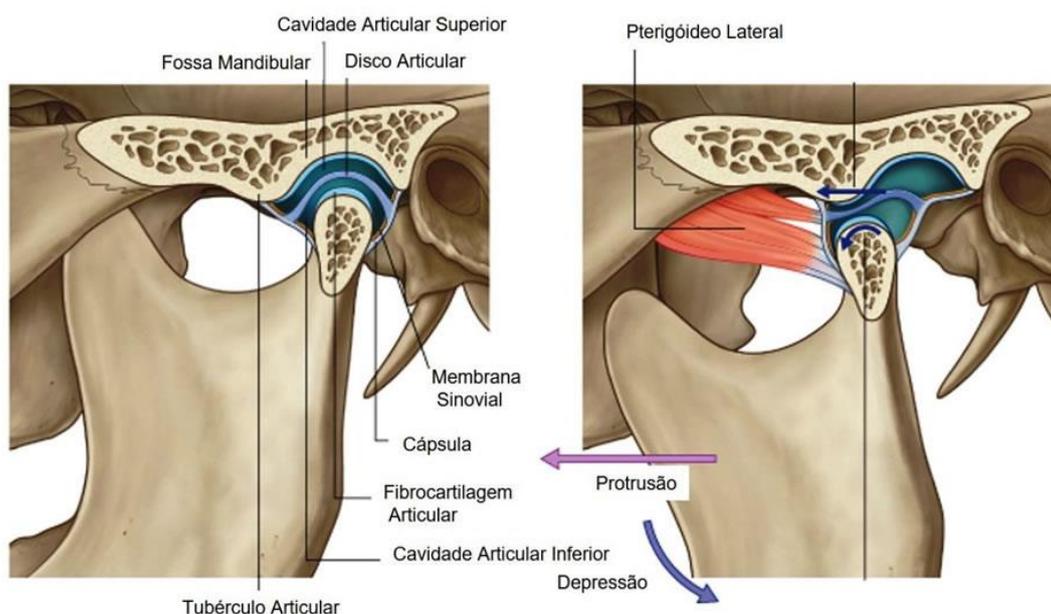


Figura 1. Articulação Temporomandibular. Fonte: Nettler¹⁶ (2018).

A ATM está envolvida por uma cápsula fibrosa cuja função é proteger e limitar os movimentos do côndilo. Dentro dela, existem a membrana sinovial superior e a inferior que auxiliam o disco nos movimentos de protração e retração, já que essas não estão fixas à cápsula medialmente. Tal morfologia anatômica se dá pela fixação anterior às fibras da cabeça superior do músculo pterigóide lateral e, posteriormente, no coxim retrodiscal bilaminar (ligamento superior e inferior). Possibilita-se, assim, certa absorção dos impactos mandibulares pelo aspecto elástico capaz de permitir o disco translacionar para frente durante a abertura da boca, bem como o retorno dele¹⁷.

No estudo detalhado da anatomia e fisiologia da ATM constata-se uma comunicação de alguns ligamentos capazes de manter o funcionamento tanto na rotação quanto na translação mandibular. Esse detalhe, auxilia para a classificação da disfunção

temporomandibular dentro do processo de funcionalidade necessária com os aspectos das desordens dos músculos mastigatórios e da articulação temporomandibular, a hipomobilidade mandibular crônica e o subdesenvolvimento craniofacial. Nessa ordem de classificação, deve-se considerar que a co-contracção protetora é uma resposta do sistema nevos central contra uma injúria proprioceptiva ou ameaça de dano a algum músculo que sofreu contracção incorreta e que, portanto, não conseguiu voltar ao estado normal de funcionalidade¹⁸.

Nessa conjuntura, além da mialgia mediada, estão o desarranjo do complexo cêndilo-disco, a incompatibilidade das superfícies articulares e as desordens inflamatórias como manifestações da DTM sem recaptura. Partindo do princípio que é dessa desarmonia funcional da articulação que se estabelece a condição anátomo patológica, é necessário considerar que as desordens musculoesqueléticas contribuem para as severidades do deslocamento sem redução do disco articular. Por isso há grande chance de que a intervenção do desvio na forma ou na adesão discal capsular, seja corrigido somente por cirurgia¹⁹.

Observa-se ainda que nesse no processo da artralgia maxilo-mandibular, a osteoartrite e a osteoartrose são desordens sistêmicas com reflexos diretos em sinais e sintomas como crepitações e estalidos fortes (clicks), com forte relação à tendinite temporal e inflamação ligamentar temporomandibular, estilomandibular e esfenomandibular. Assim, o critério de diagnóstico da doença é referenciado pelas dores da articulação temporomandibular, bem como pelos sinais de inflamação capsular como acompanhado por exames de imagens²⁰.

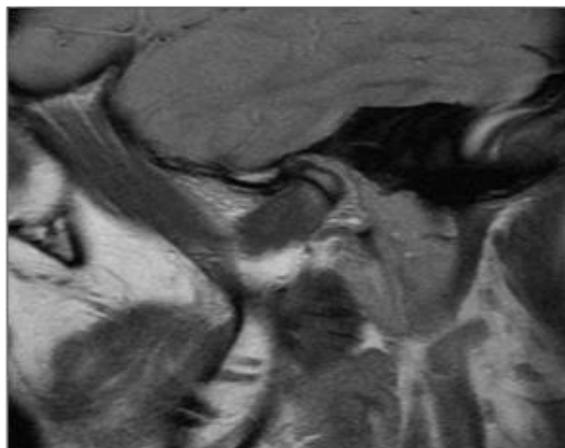


Figura 2. Imagem de ressonância magnética daArticulação temporomandibular com recaptura do disco articular.

Fonte: <https://edisciplinas.usp.br/mod/folder/view.php?id=2615128>

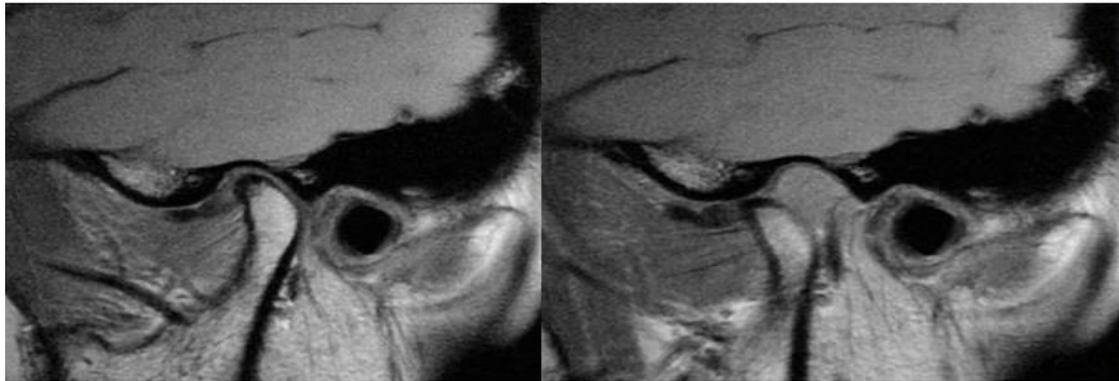


Figura 3. Articulação temporomandibular sem recapturação.

Fonte: <https://edisciplinas.usp.br/mod/folder/view.php?id=2615128>

Não é incomum, considerar que a síndrome da disfunção temporal é uma patologia da articulação muito comum na sociedade, pois seu desarranjo não só está vinculado à idade, doenças reumáticas ou perdas dentárias, como também ao comportamento psicológico do indivíduo. A condição patológica que se estabelece entre o côndilo da mandíbula e a fossa mandibular altera o mecanismo de funcionalidade cápsula articular pois compromete a abertura ou fechamento da boca, já que ela desarranja o limiar de equilíbrio de repouso da mandíbula²¹.

Nessa condição, a relação das forças neuromusculares, sobre as ações intercuspiais dos sextantes posteriores inferior e superior dos dentes, tem contribuição direta na ATM com consequências capazes de desestabilizar as funções de reposição do disco a partir do comando de abertura bucal e retorno oclusal. Por isso, como doença multifatorial, para disfunção temporal é necessário considerar as relações sociais, sistêmicas, ações da fala, da mastigação e da deglutição como gatilhos que disparam ou expõem a hiperatividade do músculo masseter, pterigoideo lateral e temporal^{6,21}.

A prevalência de disfunção temporomandibular em ambientes de estresses e traumas ortognáticos são condições precípua para amplificação das ações musculares da mastigação com reflexo direto para a artralgia. Destacam-se, além desses, os fatores que contribuem para uma evolução da DTM, como a depressão, doença psiquiátrica e até às respostas do organismo frente aos estímulos súbitos ou ameaçadores. Confirmam-se que se mostram relevantes as questões hormonais, com destaque especial às mulheres, ainda que pouco esclarecidas, estarem o estrógeno e a progesterona relacionados a DTM conforme observaram Sartoreto, Bela e Bona (2012)²².

O processo natural do envelhecimento faz com que a máxima intercuspidação habitual (MIH) experimente alteração do disco articular por readaptação ou remodelamento funcional entre côndilo e cavidade articular temporal. Nessa condição, é possível que essa articulação passa emitir sinais de inflamação se não for corrigido esse aumento na dimensão vertical da mandíbula. Por isso, é muito importante que os pacientes idosos edêntulos ou com prótese dentária desadaptada procurem auxílio de um profissional cirurgião dentista para não desenvolver uma DTM²³.

As mudanças morfológicas degenerativas são suficientes para fazerem o líquido sinovial perder a viscosidade, a elasticidade e a plasticidade. A presença de citocinas pró-inflamatórias intra-articulares como interleucina-1 beta (IL-1 beta), interleucina-6 (IL-6), prostaglandinas, glutamato, estradiol, serotonina(5-HT) e TNF- α são suficientes e capazes de levarem aos desgastes estruturais da ATM.

Delbone et al.²⁴(2019) chegaram a uma conclusão que quase todos os pacientes submetidos ao tratamento ortodôntico para alinhamento dos dentes, seja por influência óssea ou apenas dental, apresentavam algum sinal ou sintoma de desordem articular. Estabelecer ordem de intervenção para os casos, especificamente, ortodôntico como conduta para tratar a dor articular, deve ser conferido, não somente a relação oclusal, mas correlacionar as estruturas proximais e fundamentais do sistema ortognático com a DTM e hábitos parafuncionais, DTM e apinhamento dental severo, DTM e edentulismo parcial posterior, DTM e bruxismo, DTM e sinergismo do músculo masseter²⁵⁻²⁶.

Já em adultos jovens, ela pode não ser de aspecto inflamatório, mas psicocomportamental e o estresse é o principal desestabilizador das estruturas da articulação temporal. Maydana et al (2005)²⁷ observaram que a maioria dos pacientes com dores aguda de ATM apresentavam hábitos deletérios como morder unhas e mastigação unilateral e por isso apresentavam desvios da linha média por sinergismo do masseter com descompensação articular oposta²⁷.

2.2 O ensino superior da odontologia no Brasil e sua abordagem sobre as patologias mais comuns do sistema estomatognático.

A formação superior em odontologia no Brasil, por muitos anos, foi influenciada pelo modelo biomédico, conhecido nos Estados Unidos, como pedagogia flexneriano. Esse sistema acrescentava no curriculum das escolas médicas da época, a formação baseada no mecanicismo e tecnicismo, com ênfase na cura. Longe da realidade de vida da população, a odontologia era considerada de alto custo, baixa cobertura epidemiológica, inacessível aos mais pobres e concentrada nas regiões mais desenvolvidas do país²⁸.

As estratégias de promoção da saúde precisavam passar por uma transformação sob o ponto de vista de acesso ao público, as quais foram destacadas, mais tarde, na Constituição de 1988, com o surgimento do Sistema Único de Saúde-SUS, e posteriormente, regulamentado pelas Leis nº 8080/90 e nº 8142/90. Tal conversão, destaca-se pela formação de recursos humanos para a saúde com o potencial de equalizar o acesso aos serviços de saúde do país. Desse modo, foram criadas as Diretrizes Curriculares Nacionais-DCN, voltados para os cursos da área de saúde, pela parceria entre Ministério da Educação e Cultura- MEC e Ministério da Saúde- MS²⁹.

Essa importante integração institucional, levou o MS a desenvolver estratégias para formação de profissionais na área de saúde, através da Política Nacional de Educação Permanente em Saúde (PNEPS) e Programa Para Fortalecimento das Práticas de Educação Permanente em Educação no SUS, posto que a partir de então o direito a assistência à saúde está firmada nos pilares da universalidade, integralidade e equidade, logo, entre outros avanços fundamentais, estão as políticas consideradas de grande importância no processo de ensino e aprendizagem³⁰.

Com a projeção de reorganizar a Atenção Básica, em 1994 o MS criou o Programa Saúde da Família, com o foco na assistência básica, nele caracterizado pela presença do médico, enfermeira e agentes comunitários, presentes sob o aspecto de micro e macro área em cada município da Federação. Nesse interim, transformações importantes tiveram de acontecer nas grades curriculares das instituições de ensino superior em odontologia, com a criação da Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional- LDB nº 9.394/96 e o Parecer do Conselho Nacional de Saúde CNS/CES nº 777/97 e a reforma universitária, propiciando a entrada da odontologia na ESF em 2001. A partir de então, necessitava-se

modular o perfil de formação acadêmica em odontologia conforme do preconizado pelo SUS.

A fim de preparar o curriculum pedagógico das escolas de odontologia, de acordo com a necessidade da população, o Governo Federal através do Ministério da Educação e Cultural publicou a Resolução CNE/CES nº3/2002 a qual trouxe as competências e habilidades gerais no âmbito atenção à saúde, tomadas de decisões, comunicação, liderança e educação permanente. Na proporção que o tempo foi passando desde a última Resolução, o Ministério da Educação/Conselho Nacional de Educação/Câmara de Educação Superior revisou, a pedido da Associação Brasileiro de Ensino Odontológico (ABENO) e instituiu as diretrizes de ensino na odontologia através da Resolução CNE/CES nº 2/2021³¹.

Essa Resolução, tem como princípio fazer o pensar o egresso em odontologia, uma profissão com caráter humanístico e ético, apto a atuar em equipe multiprofissional, crítico e reflexivo, consciente e participativo, bem como outras habilidades, além daquelas já elencadas pela Resolução anterior. Nesse aspecto, com conteúdo curricular fundamentado nas bases da propedêutica clínica, clínica odontológica, da urgência e emergência, estágio supervisionado e dos princípios de biossegurança e ergonomia, percebe-se que em certos conteúdos, o egresso cirurgião dentista tem dificuldade de diagnosticar doenças comuns, como é o caso da disfunção temporomandibular³².

Nessa Resolução, o egresso em odontologia passará a desenvolver ações humanísticas e pautadas pela ética, apto a atuar em equipe multiprofissional, crítico e reflexivo, consciente e participativo entre outras habilidades, além daquelas já elencadas pela Resolução anterior. Embora os conteúdos curriculares estivessem fundamentados nas bases da propedêutica clínica, clínica odontológica, urgência e emergência, pôde-se observar certa resistência de muitos gestores municipais na contratação de cirurgiões dentistas como parte importante na atenção básica. Tal finalidade diz respeito aos diagnósticos e tratamento mais comuns da saúde bucal da população na qual está inserida o usuário do SUS.

Nessa abordagem, destaca-se a importância, não só dos centros de formação em saúde, como também o zelo e comprometimento dos gestores públicos frente aos desafios que regem os princípios, diretrizes e estratégias do SUS. Para tal, deve haver investimento em tecnologia, estrutura e pessoal por parte desses agentes, a fim de que cada esfera de governo, mas em especial a municipal, sinta-se comprometida com a atenção básica. Por outro lado, a integração do ensino-serviço-comunidade deve ter seu grau de importância

com as estratégias e consolidação do SUS, na medida que forme pensamento reflexivo no estudante acerca das atividades de qualidade e acolhimento às implementações pedagógicas em odontologia³³.

Dentro dessa orientação estruturante, percebe-se que há uma construção de modelo lógico e com validação de novos critérios na formação do cirurgião dentista. Essa convergência, será plena se ocorrerem mudanças de paradigma na formação dos profissionais da odontologia, já que as diretrizes das DCN são um norte. Essa mudança representa uma nova perspectiva na formação do dentista no Brasil, ainda que o ensino superior na rede privada prepara seus estudantes para empreender ou abrir grupos e franquias de clínicas odontológicas. Porém, do outro lado, está a universidade pública que busca preparar profissionais que saibam lidar com os variados ambientes da atenção básica e da alta complexidade³⁴.

Que as competências e habilidades, pautadas nas DCN, são fundamentais para a estruturação das bases curriculares, é um fato, contudo, no dever, a preceptoria envolvida nesse processo, ainda é bastantes deficitária para a formação do egresso em odontologia. Assim, seja pela força do conjunto corporativo ou por dotação orçamentária insuficiente necessária do MEC, percebe-se que os preceitos da bioética e da ética do ensino controlam muito pouco a forma de construir uma reflexão das ações e de medidas nas tomadas de decisões eficazes e reais, voltadas para o enfrentamento das reais necessidades dos usuários do SUS³⁵.

Dentro dessa abordagem, destaca-se a importância de haver um comprometimento do corpo docente frente princípios que regem o SUS: universalidade, equidade e integralidade. Nesse aspecto é preciso que se inove formas de expansão e inclusão de acesso a saúde, tratar os menos favorecidos com o trato cordial e humanístico sobre o ponto de vista da ética no ensino voltada a vida e dignidade humana, como também deve o ensinador prepara os futuros profissionais de saúde enxergar o paciente na forma integral das necessidades. Essa integração do ensino-serviço-comunidade ela tem seu início nas pré-clínicas da faculdade, passando pelas propedêuticas, pactuando resultados sempre evolutivos nas operações de estratégias e consolidação do SUS da atenção primária³⁶.

O processo de ensino e aprendizagem não deve estar separado da oferta da promoção da saúde e a integração multiprofissional firmada pela DCN 02/2021, pois o

processo deve, em princípio, iniciar na formação acadêmica do cirurgião dentista, e se firmar em resultados que proporcionam relevantes despertamentos de consciência empática com visão holística dos problemas do processo oostomatognático. Nesse aspecto, o cirurgião dentista deve correlacionar as disfunções temporomandibulares às ausências parciais ou totais de dentes, aos problemas de ordem sistêmico reumático, aos traumas de face-fraturas de mandíbula e maxilar, ao apinhamento dental, às mordidas cruzadas e aos estresses de variadas ordens^{34,37}.

Ainda sobre essas condições, foi provado pelo Congresso Nacional, em novembro de 2022, a Lei nº 8131/2017, sancionada em 2023 pelo Presidente da República, a assistência contínua dos serviços em saúde bucal a população. Assim, a oferta desse cuidado não poderá ser mais omitida pelos entes Federal, Estadual e Municipal. Com essa diretiva da Política Nacional de Saúde Bucal, endossando, assim a necessidade de um ensino-aprendizagem, mais rigoroso na formação de profissionais em odontologia. Somada às Diretrizes Curriculares Nacionais (DCN), tal legislação dá novos sentidos no preparo desses profissionais, cujo perfil deverá compreender as necessidades de saúde bucal da população brasileira. Ministério da Saúde: Secretaria de Atenção Primária à Saúde³⁸ (2023).

2.3 A impressão 3D e sua aplicabilidade clínica e cirúrgica em odontologia.

A prototipagem rápida (PR) é uma integração entre as ciências biomédicas, informática e engenharia. Ela é a tecnologia aplicada à odontologia na produção de biomodelos, impressão de protocolo para implantes total ou parcial, lentes de contato, prótese dentária, aparelhos ortodônticos, cirurgia ortognática entre outros procedimentos. A partir de software específico de modelagem 3D, é possível obter cópia fiel com uma geometria de superfície apurada e adaptada ao desenho anatomofuncional. Considerada como estratégia aceleradora de ideação e inovação, a prototipagem rápida, baseada na impressão de sólidos, tem sido fundamental na construção de diagnóstico, planejamento e procedimentos cirúrgicos^{36,39}.

Na odontologia digital, a prototipagem rápida apresenta enorme importância nas resoluções estéticas e funcionais, além de contribuir na capacidade de aperfeiçoar técnicas, otimizar procedimentos e antecipar contratempos em cirurgias de grande porte. A impressão 3D tem auxiliado as cirurgias de ressecção parcial ou total de mandíbula por ameloblastoma ou quaisquer outros tumores cujos tratamentos são mais invasivos pois é

possível imprimir mandíbula ou articulação temporal. Já se sabe que através da prototipagem rápida, há maior assertividade das condutas odontológicas, com menos acidentes operacionais e maior previsibilidade de bom prognóstico dos tratamentos orofaciais. Além dos modelos, há possibilidade personalizar de placas e parafusos ortodônticos e ortopédicos que substituíram ou reposicionarão as estruturas biológicas⁴⁰.

Além disso, a tecnologia 3D auxilia na projeção dos cuidados em saúde através de determinada precisão na confirmação diagnósticos, já que é através de softwares médico-odontológicos, com alta representatividade dos caracteres evolutivos, que se minora os complicadores de intervenção cirúrgica. Nessa interação entre tecnologia em saúde e conduta do cirurgião dentista, há também a capacidade de contribuir com a ampliação do processo ensino aprendizagem, fomentado pelas ideias e conceitos de tecnologia nas abordagens clínicas e cirúrgicas.⁴¹⁻⁴²

Com o caráter de auxiliar o profissional na construção do conhecimento científico e tomadas de decisões corretas, existem no mercado uma gama de softwares de assistência médico-odontológicos como *Pro Surgical 3D*, *Pós-Dicom*, *MicroDicom*, *Slicer*, *InVesalius*, cujas plataformas são capazes de processar e armazenar inúmeros arquivos ou exames radiográficos de modo a qualificar a perspectiva funcional, eficácia e eficiência dos diagnósticos. Além disso, conectam-se a esse sistema as variadas técnicas de prototipagem, como a estereolitografia, sinterização a laser seletivo, modelagem por fusão e deposição e impressão tridimensional, para impressão de camada por camada. As impressões 3D são de uma riqueza de detalhes, pois essa comunicação entre softwares e impressoras tem nos filamentos (*PLA*, *ABS*, *PTG* entre outros) e nas resinas (*SLA*, *DLP* e *LCD*) variados modelos, entre eles a reprodução anatômica de maxila e mandíbula^{43,44}.

A aplicabilidade da odontologia 3D, no processo de apuração e desdobramento da cura ou normalização da funcionalidade do sistema estomatognático, tem proposto uma padronização para correção das falhas de continuidade de tecidos e também de reconstituição dos sistemas funcionais causadoras da disfunção temporomandibular. Assim, fica evidente que a prototipagem rápida, como cópia fiel dos exames radiológicos, tem sido o suporte para o cirurgião dentista e equipe multidisciplinar tratar de tumores, reparo tecidual pós-traumas demandas cirúrgicas através da bioimpressão como reposição das exérese óssea ou ressecção tecidual⁴⁵.

Algumas metodologias de avaliação e precisão dos modelos 3D têm sido elaboradas a fim de mostrar o quanto os biomodelos são tão semelhantes em funcionalidade e amostragem aos elementos naturais. Uma delas está no teste mecânico

simulador de apurações e de construções estruturais dos multicomponentes biológicos dos implantes dentários. Assim, podem ser impressos e usados para apoio fixador e condutor intraósseo dos implantes e de tecidos dentais, além dos conectores e enxertos ósseos, substituintes de tecidos adjacentes em maxila e mandíbula, tudo isso respeitando uma geometria e uma estrutura funcional e estética padrão⁴⁶.

O sistema CAD/CAM (computer aided design/ computer aided manufacturing) pode receber, por exemplo, o escaneamento oral e reproduzir em extensão STL, do inglês (*Standard Triangle Language*), o arquivo com similaridade e sem a distorção dos processos estomatognáticos como se percebe nos materiais de moldagens tradicionais. Nesse formato, o modelo virtual da arcada dental do paciente é submetido a um software específico, no qual o arquivo é manipulado digitalmente e enviado para uma fresadora ou impressora 3D que reproduzirá com alta precisão dimensional do arcabouço dental ou de qualquer tratamento reabilitador proposto^{43,47}.

Borges, Lima e Carvalho⁴⁴(2020) destacam que a digitalização alcançou patamares importantes na odontologia por causa da sua especificação nos processos digitais. Isso envolve restaurações em prótese fixas como as inlays, onlays, coroas, próteses sobre implantes e facetas, resumidos no fluxo de numa única sessão, gerando a redução de etapas, precisão de ângulos e degraus, reprodutividade e arquivamento digital dos modelos e planejamentos. Além disso, alinhar à linguagem universal estabelecida entre os profissionais da odontologia do Brasil e do mundo, bem com uma melhora na percepção de resultados céleres entre cirurgiões dentista, auxiliares e técnicos de laboratórios. Estes, em caso de necessidade de terceirização protética⁴⁸.

Além dessa área, a ortodontia e a cirurgia e traumatologia buco maxilo facial, com o surgimento da prototipagem, têm realizado tratamentos de realinhamento da oclusão dentária proporcionando melhoras na função estomatognática de pacientes que apresentam dismorfismo ósseo e até prevenindo quaisquer danos dessa natureza à articulação temporomandibular. Graças a essa tecnologia, é possível fazer bioimpressão graças às nanopartículas com capacidade de se transformar em micro e macros tecidos de reposição. Por isso, a tecnologia 3D tem, dentre muitas finalidades, proporcionar planejamento cirúrgico, segurança operatória, diminuição dos riscos, previsibilidade pós-cirúrgico e maior conforto tanto para o paciente quanto para equipe multiprofissional do centro cirúrgico^{36,49}.

Assim, a tecnologia 3D tem sido fundamental para os processos evolutivos dos tratamentos reabilitadores e estéticos, além de ser uma aliada no fortalecimento do ensino

superior, ne forma dinâmica e de fácil manipulação. A adoção dessa ferramenta para o processo de ensino e tratamentos ainda requer do profissional um alto investimento em equipamentos e sistemas bem como treinamento da equipe para atuarem em uma rotina de parametrização de logística e de demanda⁵⁰.

3. JUSTIFICATIVA

A anamnese completa auxiliada com recurso radiológico é fundamental para um correto diagnóstico de algumas enfermidades que compõe o sistema estomatognático. No processo ensino aprendizagem sobre a disfunção temporomandibular- DTM, há uma exiguidade pedagógica em relação a essas técnicas, pois na grande maioria, as faculdades de odontologia não ofertam disciplinas de renderização tridimensional usando tomografia ou ressonância magnética. A pedagogia do ensino às ciências odontológicas é através: 1. Aulas teóricas expositivas com auxílio de dispositivos visuais; 2. Aulas práticas laboratoriais com peças e modelos anatômicos; 3. Bases morfofisiológicas em cadáver. Sabe-se que tais aplicabilidades não são suficientes para garantir a similaridade do conhecimento, já que tais metodologias não são aplicadas à dinâmica tridimensional das disfunções a que se propõe estudar.

Nesse sentido, o aprendizado do cirurgião dentista fica aquém do necessário à compreensão da disfunção articular da mandíbula, já que para concluir o diagnóstico da disfunção temporomandibular, ele deve lançar mão da tomografia ou ressonância magnética, pois eles são padrão ouro para essa síndrome articular. A renderização dos modelos tridimensionais da DTM, advindo dos DICOM de ressonância magnética, pode ampliar o conhecimento em relação a essa síndrome, bem como auxiliar esse profissional frente ao diagnóstico correto e tratamento da DTM sem redução, que é o caso mais grave dessa enfermidade.

Além dos entraves burocráticos e bioéticos de ensino, em ambiente hospitalar público e privado, os alunos precisam competir por espaços abarrotados de pacientes e trabalhadores hospitalares. Para dificultar ainda mais, a conservação inadequada das peças anatômicas cadavéricas é outro problema no processo Ensino-aprendizagem da anatomia humana, ao passo que essas estruturas necessitam de local adequado ideal de acondicionamento. Contudo, o cuidado com a manipulação das peças biológicas por alunos e docentes, se não for devidamente tomado, os cadáveres sofrerão alterações biológicas rápidas pela ação das reações fisiológicas.

Os modelos 3D são fundamentais para o planejamento de cirurgias e intertissios cirurgicos complexos de separação de crânios de gêmeos siameses, reconstruções de face e de mandibular. Uma vez integrada ao ensino, a tecnologia 3D participa da importância e da ampliação do processo cognitivo sobre cirurgia de cabeça e pescoço como também do estudante frente às disciplinas anatomofisiológicas. Em relação às cirurgias, pode-se contar com a diminuição do tempo cirúrgico, controle de hemorragias e desconfortos do pós-cirúrgico, além ampliar a comunicação e segurança das partes envolvidas no processo ensino aprendido e a relação paciente e profissional.

Dentre as vantagens dos modelos 3D, destaca-se o fato dos modelos serem confeccionados sem emendas. Apesar de serem de geometria complexa e possuírem partes móveis que são difíceis de se obter por meio de outra técnica de construção, a técnica de preparo 3D se estabelece na forma fidedigna e viável da anatomia e fisiologia da parte orgânica projetada. Uma vez usada o sistema CAD CAM, superando assim, os limites do modelo tradicional de abordar o ensino em odontologia.

Por fim, produzir modelos tridimensionais com a qualidade anatomopatológica é necessária aos atos do ensino e do aperfeiçoamento do cirurgião dentista, uma vez que a disfunção temporomandibular, nos aspectos do diagnóstico disfuncional com e sem redução pode ser necessário e conveniente sob o aspecto ambulatorial e cirúrgico- hospitalar.

4.HIPÓTESE

Os modelos 3D sobre a síndrome da disfunção temporomandibular desenvolvidos têm por finalidade contribuir para compreensão e qualidade de diagnóstico do problema, colaborando frente as dificuldades e promovendo a possibilidade de soluções, de modo a refinar as técnicas de possíveis cirúrgicas de intervenção com precisão com a finalidade de corrigir ou remir as dores do paciente.

O ensino em odontologia com a presença do modelo 3D poderá possibilitar ambientes mais criativos e desafiadores aos estudantes e profissionais frente ao aumento de pacientes com essa disfunção, adicionando essa tecnologia nas práticas pedagógicas para a construção de um ensino de melhor qualidade.

5.OBJETIVOS

5.1 Geral

Desenvolver modelos 3D, a partir de uma ressonância magnética, dos principais estágios da disfunção temporomandibular e sua relação no processo de diagnóstico e tratamento cirúrgico da disfunção

5.2 Específico

Demonstrar a Disfunção Temporomandibular e sua subclassificação através dos modelos 3D;

Comparar os modelos 3D com os exames radiológicos para o processo de orientação e intervenção cirúrgica da DTM;

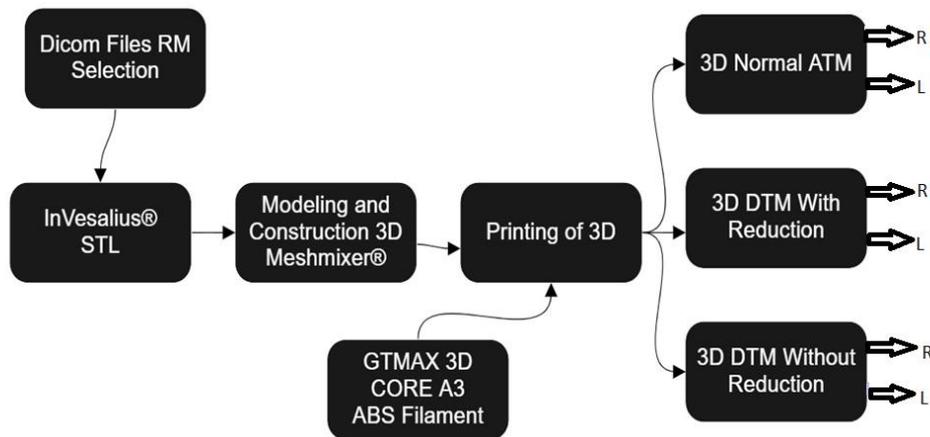
Explicar os fatores limitantes da Disfunção Temporomandibular sem redução através dos modelos 3D.

6. MATERIAL E MÉTODO

O estudo foi desenvolvido no Laboratório de Tecnologias Educacionais 3D da Universidade Federal do Acre – UFAC. Os *Digital Imaging and Communications in Medicine* (dicom) de ressonância foram baixados do portal de apoio à pesquisa do site <https://edisciplinas.usp.br/mod/folder/view.php?id=2615128> da Universidade de São Paulo-USP, Laboratório de Habilidades e Simulação, sob amparo legal das Leis 13.709/18 e 9.610/98 que tratam da legalidade do uso de dados de domínio público.

O estudo seguiu as seguintes etapas conforme Figura 1: 1- seleção de documentos de ressonância magnética (RM) com padrão de arquivo simulador para a disfunção temporomandibular. 2- *Upload* do arquivo RM de extensão *Digital Imaging and Communications in Medicine* (DICOM) compactadas no *InVesalius*[®] software de reconstrução tridimensional de imagens para *Standard Triangle Language* (STL) padrão de transmissão de dados de prototipagem rápida. 3- Modelamento dos modelos 3D da Articulação Temporomandibular (ATM) demonstrando a Disfunção Temporomandibular (DTM) com e sem redução no software *Meshmixer*[®], programa de design digital; 4- Impressão dos modelos 3D em impressora *Gtmax*[®].

Figura 4. Fluxograma de Criação e Verificação da DTM.



A etapa da criação dos modelos 3D da ATM em disfunção se dará a partir da obtenção do arquivo *Dicom* de RM com a finalidade de se garantir reconstrução tridimensional de imagens seguindo o princípio triangular do arquivo STL. De posse dessa informação, poderá então fazer a localização anatômica e a orientação do disco articular conforme é estabelecido em múltiplos estudos constados em literatura médica sobre o diagnóstico da disfunção temporomandibular.

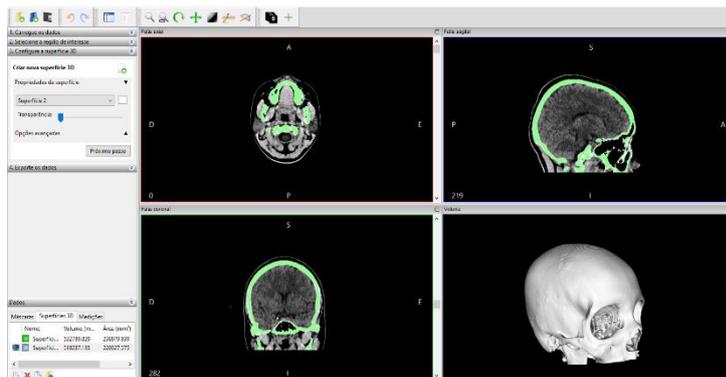


Figura 5. Interface do software InVesalius® gerando superfície Standard Triangle Language-STL do Digital Imaging and Communications in Medicine-dicom da ressonância magnética.

O modelo virtual obtido será arquivado em formato (.stl) e armazenado em banco de dados próprio. Posteriormente, esse modelo virtual será transferido para o programa de criação e manipulação de imagens 3D, *Autodesk Meshmixer®*, versão 3.1 (Autodesk Inc., Califórnia, Estados Unidos), para modelagem 3D da DTM. As localizações anatômicas das posições do disco articular, serão reproduzidas nos modelos anatômicos conforme análise do exame de imagem RM, bem como baseadas na literatura, sendo

classificadas de acordo com alguns parâmetros, conforme observou Ramos et al²¹ (2017).

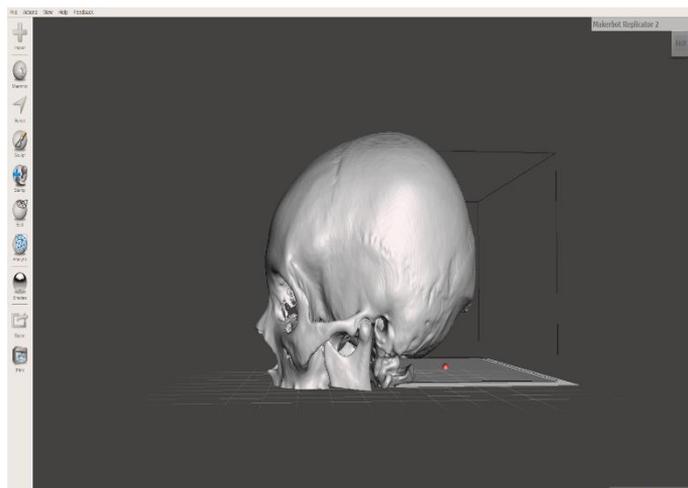


Figura 6. Interface do software Meshmixer®.

Foram desenvolvidos e impressos três modelos 3D de crânio, um de articulação temporomandibular (ATM) em estado normal da fisiologia, e dois de ATM em disfunção articular com redução e por último a ATM em disfunção sem redução conforme Tabela 1.

Tabela 1. Classificação da etiologia das disfunções da Articulação Temporomandibular.

Classificação	Etiologia
I	DTM com redução
II	DTM sem redução

Fonte: Carrara, Conti e Barbora¹⁸ (2010).

Com velocidade de impressão de 180mm/s, com tempo em média de 19 horas para imprimir um modelo com qualidade média de deposição filamentar. Na tabela abaixo há o registro do tempo em horas e minutos de início e término das impressões, data e tempo total em minutos, conforme apresentado na Tabela 2 dos resultado.

Ao final, os modelos serão submetidos a lixamento para alisamento de excesso de depósito filamentar, uma camada de prime e tinta spray branco fosco para equalizar possíveis variações de cores do modelos em virtude da densidade do filamentos ABS que é de 1,04g/cm³ com 1kg de peso, os quais estão descritos na Tabela 3.

Tabela 2. Descrição dos parâmetros técnicos da impressora em 3D.

Descrição Técnica da Impressora	
Dimensões da Impressora	L 495mm X P 594mm X A 600mm
Área de Impressão	300mm X 300mm X 300mm
Qualidade de Impressão	0,05mm à 0,4mm
Automação	Detecção de fim de filamento e troca automática de filamento
Velocidade de Impressão	até 180mm/s
Versão	Core A3
Mesa	Alumínio aquecida, com tampo de vidro
Nivelamento	Automático
Gabinete	Aço carbono com pintura eletrostática
Alimentação	Bivolt (127V/220V) automático

Fonte- Manual Gtmax Code A3 (2022)

As informações coletadas do software da prototipagem rápida(3D) foram posteriormente analisadas comparando os traçados anatômicos da articulação temporomandibular, com foco no disco articular, comparando esses resultados com os detalhes anatômicos da Ressonância Magnética.

7. RESULTADOS

A impressão dos modelos 3D permitiu a reprodução da disfunção temporomandibular em semelhança estética e anatômica conforme exame imagiológico de ressonância magnética. Graças a possibilidade de correção da malha 3D e renderização do arquivo digital, em eventuais erros no fatiamento, observou-se detalhes dos acidentes anatômicos com fidedignidade e precisão.

O tempo de edição dos arquivos em linguagem *Standard Triangle Language* (STL), no *Autodesk Meshmixer*[®], foi equivalente a 20 minutos para o primeiro modelo com ATM em estado normal, ou seja, sem a característica da síndrome da disfunção temporomandibular (DTM) e de 60 minutos para o segundo e o terceiro modelos com a síndrome a DTM, totalizando 80 minutos de renderização do disco articular conforme tabela 1.

Tabela 3. Apresentação de modelos de Articulação Temporomandibular e Disfunção Temporomandibular, relacionada ao início/data, término/data e tempo total em minutos.

Modelo	Início /Data	Término/Data	Tempo Total
I Crânio com ATM normal	10:10 20/07/2022	6:09 21/07/2022	1149
II Crânio com DTM sem redução	16: 04 27/07/2022	11:00 28/07/2022	1136
III Crânio com DTM com redução	15:35 04/08/2022	11:02 05/07/2022	1165

Os modelos foram impressos sem preenchimento interno, ou seja, modelos não maciços, com paredes com diâmetro de 3mm, com tempo total de deposição fundida do material *acrilonitrila butadieno estireno (ABS)* de 3.450 minutos. Com a finalidade de garantir leveza das peças e maior velocidade de deposição do ejetor de sólidos sobre os eixos x,y,z, a impressora foi programada para uma velocidade média de impressão, seguindo uma geometria exata do desenho do pacote CAD (*computer aided design*).

A confecção aditiva realçou o objetivo funcional e didático dos modelos 3D, uma vez que se distinguiu, não somente os estágios da disfunção temporomandibular, como também destacou as superfícies articulares de depressão, proeminências ósseas e cartilaginosas: A:Espaço retrodiscal B:Meato Acústico; C:Disco Articular; D: Cabeça do Processo Condilar; E:Arco Zigomático; F:Incisura da Mandíbula; G:Tubérculo Articular do Osso Temporal; H:Cavidade Glenóide. Além disso, foi possível compreender, pela posição do disco articular, se a articulação temporal está no estágio normal de sua função ou em disfunção conforme destacado nas figuras a baixos.

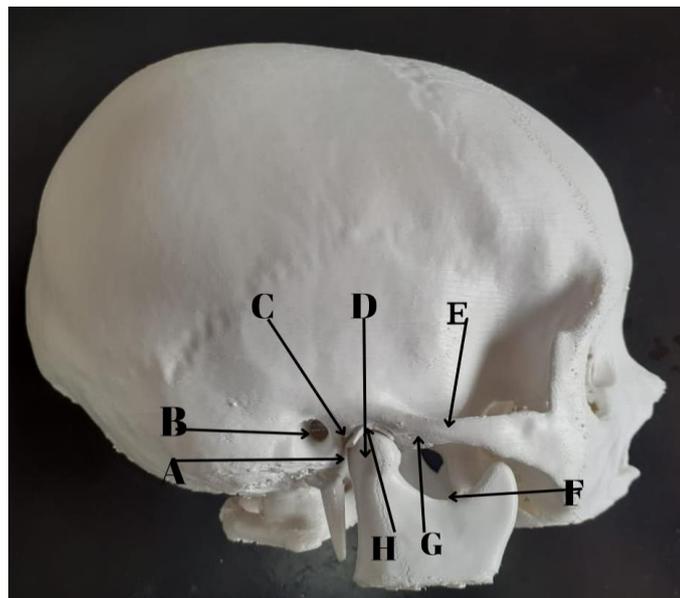


Figura 7. Crânio com disco articular bem posicionado na cavidade glenoide temporal. A:Espaço retrodiscal; B:Meato Acústico; **C:Disco Articular**; D: Cabeça do Processo Condilar; E:Arco Zigomático; F:Incisura da Mandíbula; G:Tubérculo Articular do Osso Temporal; H:Cavidade Glenóide.

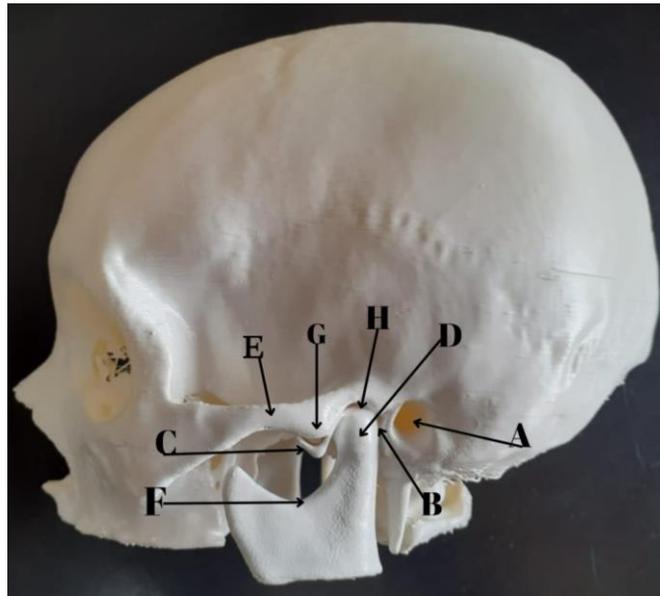


Figura 8. Disco articular em disfunção temporomandibular com recaptura. A: Meato Acústico; B: Espaço retrodiscal; C: Disco Articular; D: Cabeça do Processo Condilar; E: Arco Zigomático; F: Incisura da Mandíbula; G: Tubérculo Articular do Osso Temporal; H: Cavidade Glenóide

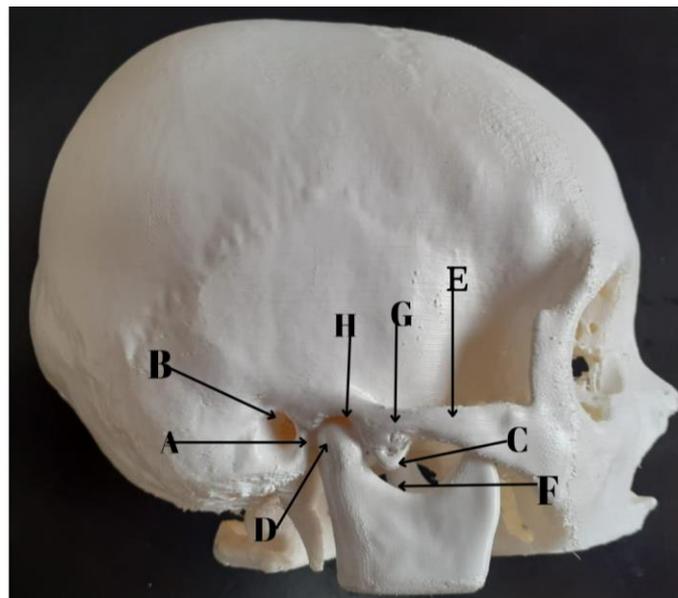


Figura 9. Disco articular com disfunção temporomandibular sem recaptura. A: Espaço retrodiscal; B: Meato Acústico; C: Disco Articular; D: Cabeça do Processo Condilar; E: Arco Zigomático; F: Incisura da Mandíbula; G: Tubérculo Articular do Osso Temporal; H: Cavidade Glenóide.

O primeiro manequim representa o modelo padrão de normalidade de uma articulação temporomandibular, nele consta as estruturas e acidentes anatômicos conforme destaca a literatura. Nos segundo e terceiro manequins são observadas as

mesmas estruturas anatômicas do primeiro, contudo com destaque a disfunção temporomandibular consoante ao exame de ressonância magnética. Nesse caso, está em destaque as disfunções, propriamente dita, com e sem recapturarão do disco articular na cavidade glenoide.

8. DISCUSSÃO

Os modelos 3D personalizados ou biomodelos despontam como ferramentas promissoras para o processo de diagnóstico e tratamento, assim como um meio didático do ensino prático de cirurgia da disfunção temporomandibular sem redução. Os relevantes cuidados que se fazem necessários na hora de decidir sobre como, modo e técnica cirúrgica ideal, faz dos modelos 3D um aporte seguro de intervenção, com a finalidade de corrigir as causas da disfunção capsular, respeitando os limites do tecido saudável e anormal⁵¹.

Nesse aspecto, Barros et al (2016)⁴⁰ salientam que a disfunção temporomandibular, como problema de saúde multifatorial, tem relação oclusal-edentulismo, mordidas cruzadas, prognatismo e retrognatismo mandibular, dismorfismos ósseos problemas de ordens posturais com grande chance de estruturas fundamentais da articulação temporal sofra dismetria e tenha que passar por um processo de compensação ou correção cirúrgica. Nesse aspecto, a impressão 3D de partes ou todo do sistema estomagnético tem sido a conduta de muitos especialistas na área da articulação temporomandibular.⁵²

Partindo do princípio da adequação e da oportunidade de intervenção cirúrgica, a DTM sem recapturação tem sido a disfunção cujo tratamento é por via cirúrgica de reconstituição do plexo retrodiscal e adaptação da eminência articular em relação a cabeça da mandíbula. Nesse aspecto, Freitas et al (2010)⁴⁸ frisam que as demonstrações dos modelos 3D são fundamentais e indispensáveis para o planejamento e tomadas de decisões cirúrgicas complexas como as osteotomias, correções das disfunções sem redução, reparos de tecidos ósseos e cartilagosos com margem de segurança devido aos tecidos adjacentes que não são partes integrais da funcionalidade da articulação temporomandibular⁵³⁻⁵⁴.

Arora et al (2014)⁵⁵ apontam que, para tais cirurgias, a prototipagem rápida representa a versatilidade que a odontologia dispõe para corrigir anomalias de osso e cartilagem que influenciam diretamente na função articular da mandíbula, pois ela é a expressão 3D da funcionalidade e da estética *in natura*. Além disso, a tecnologia tridimensional tem auxiliado na ampliação investigatória das doenças ortognáticas, contribuindo, assim, para uma terapêutica moderna e com bom prognóstico conservador⁵⁶.

Por isso, os modelos impressos têm sido discutidos com ferramenta para a compreensão dos derrames pleurais, pericárdios, tumores de cabeça e pescoço, correção da perda de continuidade óssea, entre outras disfunções, considerando que eles refletem a microarquitetura dos órgãos e dos tecidos. Baratto et al (2022)⁵⁷ avaliaram que a manufatura aditiva ou 3D, presente na bioengenharia dos tecidos, também compreende o vínculo fundamental das aplicações de implante e de enxertos por estabelecer a diminuição dos riscos de rejeição ou biorreabsorção dos tecidos⁵⁸.

Graças às nanopartículas, a impressão 3D resulta no alto poder de substituir o tecido ósseo desgastado ou perdido pela sinovite e capsulite em biotecnologia de remissão ou cura das inflamações localizadas nas partes externas das camadas das fibras do disco articular. Ademais, a bioimpressão tem o alto poder de corrigir os desgastes da eminência articular do osso temporal, fossa da mandíbula, cabeça do processo condilar, incisura da mandíbula, quando atingidos pelos derrames reumáticos com posterior degeneração do disco articular⁵⁹.

Nessas condições, Maricevich et al (2015)⁶⁰ destacam, uma vez tomada a decisão de se fazer a cirurgia de correção da disfunção temporomandibular, a artroscopia ou artrocentese, tuberculotomia, condilectomia, estão entre aquelas firmadas como técnicas fundamentais para o tratamento da disfunção temporomandibular. Com essa finalidade, as duas últimas técnicas têm sido o recurso as quais, auxiliadas pela impressão 3D, trata dos casos mais avançados e que não respondem aos tratamentos farmacológicos ou com apenas o uso de placa mio-relaxantes⁶¹.

A técnica de deposição de agentes bioativos, na construção das peças anatômicas, tem sido o recurso necessário à construção das características anatômicas degeneradas. Por isso, o uso de produtos biológicos por empilhamento tem alcançado destaque na medicina regenerativa por combinar células e fatores de crescimento conforme superfície geométrica de característica específica à microarquitetura de construção *in natura*⁶².

A abrangência da prototipagem rápida em ambientes hospitalares tem recebido destaque nas ressecções de tumor em região de mandíbula pela sua alta precisão dos limites entre tecido saudável e doente. Caplova et al (2018)⁶³ destacam que as mudanças na face causadas pelas cirurgias de remoção do carcinoma ameloblástico de mandíbula, quando comparadas àquelas realizadas sem a tecnologia de impressão 3D, são nitidamente díspares, pois ela opera na reprodução de implantes com o formato e o aspecto natural do tecido menos diferenciado pelo tumor ou câncer⁶⁴⁻⁶⁵.

Sobre o aspecto da urgência que envolvem o tratamento de tumores confirmados por biópsia simples, Maricevich et al (2015)⁶⁶ orienta que a equipe multidisciplinar dos centros especializados deverá optar pelo melhor tratamento: cirurgia convencional, cirurgia com controle anatomopatológico pós-operatória e cirurgia com controle anatomopatológico transoperatório. Sejam quaisquer uma dessas condutas, a impressão 3D contribui no processo de reconstrução tecidual, pois a região de corte tecidual será pré-estabelecida e os riscos e os benefícios, sobre parte ou no todo do sistema ortognático, serão percorridos pelas equipes⁶⁷.

Sobre esse aspecto, Ylmaz et al (2021)⁴⁷ enfatizam que tanto na produção do implante que substituirá o tecido seccionado, quanto para mitigar os desconfortos da disfunção temporomandibular, a prototipagem rápida tem sido fundamental às funções da mastigação, fala e respiração envolvidas pelo problema. Por isso, para os implantes dentários e reabilitador de mandíbula, o uso do sistema CAD/CAM proporciona conforto ao paciente, a precisão e rapidez das ações pela equipe de cirurgia, bem como o controle da hemostasia, exérese, síntese e diérese. Tal aspecto se dá, graças pela alta precisão dimensional anátomo-espacial que apresentam os protótipos, peças anatômicas e modelos 3D⁶⁸⁻⁶⁹.

Hammerle et al (2015)⁷⁰ realçam que a prototipagem rápida lançada nos centros cirúrgicos hospitalares, tanto para análise de comparação do aspecto saudável, quanto para planejamento de construção do processo zigomático, de mandíbula e maxila tem dado aporte essencial de sucesso do antes e pós-cirúrgico. Além disso, as bioaplicações em 3D são representações tecnológicas de compreensão funcional da cadeia polipeptídica, construção de biomoléculas e de neurotransmissores. Essa capacidade de imprimir tecidos e peças de ampliação para os conceitos de normalidade dos tecidos atingidos pelas enfermidades, por exemplo o diabetes tipo I e II, Alzheimer e câncer, faz a tecnologia 3D fundamental para o processo de ensino e aprendizagem sobre a dinâmica da funcionalidade em relação ao corpo humano⁷¹.

Portanto, conhecer a complexidade do conjunto anatomofisiológico dos terços superior, médio e inferior da face, nela incluída a única articulação, ATM, é essencial para o desenvolvimento de técnicas de diagnósticos corretos e de cirurgias com sucesso. Desenvolver parâmetros de diagnóstico mais preciso é fundamental para cirurgiões dentistas identifiquem os elementos que afetam do terço baixo, médio e alto da face. Para isso, evidenciar o espectro da doença clínica, baseada em evidências de uma boa leitura dos exames radiológicos e, em caso de tomada de decisão para o controle ou correção de problemas mais sérios, usar a impressão 3D para auxiliar em cirurgia da DTM sem recaptura, é a possibilidade de errar menos, diminuir tempo de estresse do paciente e da equipe de profissionais envolvidos no cuidado à saúde humana⁷².

9. CONCLUSÃO

Por fim, o desenvolvimento dos modelos 3D, como acessório pedagógico, tem tido fundamental influxo acadêmico para o processamento ensino e aprendizagem na odontologia. Além disso, é cada vez mais comum que se faça uso dessa tecnologia virtual e da impressão 3D para se debater a disfunção temporomandibular bem como outras enfermidades do processo estomatognático, a fim de pactuar condutas clínicas e cirúrgicas frente as diversas áreas da odontologia. Essa competência de reproduzir peças 3D semelhantes às *in natura*, faz da odontologia digital uma profissão com técnicas cirúrgicas difusas e precisas que corroboram para uma melhor aceitabilidade da sociedade de traumatologia dentária brasileira sob os diferentes aspectos do processo saúde-doença.

10. REFERÊNCIAS

1. American Academy of Orofacial Pain [Internet]. Epidemiology and Impact of Orofacial Pain; Most Common Orofacial Pain Disorders. [Acessado em 08 de mai 2023]. Disponível em: <https://aaop.org/>
2. Sassi FC, Pagliotto Da Silva A, Kelly R, Santos S, Furquim De Andrade CR. Oral motor rehabilitation for temporomandibular joint disorders: a systematic review. *Audiol - Commun Res* [Internet]. 2018;23(0):1871–2. Available from: <http://www.scielo.br/j/acr/a/HRPRxY75HPWL6fswX333kKk/abstract/?lang=en>
3. Ferreira LA, Grossmann E, Januzzi E, de Paula MVQ, Carvalho ACP. Diagnosis of temporomandibular joint disorders: Indication of imaging exams. *Braz J Otorhinolaryngol*. 2016;82(3):341–52.
4. Merighi LBM, Silva MMA da, Ferreira AT, Genaro KF, Berretin-Felix G. Ocorrência de disfunção temporomandibular (DTM) e sua relação com hábitos orais deletérios em crianças do município de Monte Negro - RO. *Rev CEFAC*. 2007;9(4):497–503.
5. Gui MS, Pimentel MJ, Rizzatti-Barbosa CM. Disfunção temporomandibular na síndrome da fibromialgia: Comunicação breve. *Rev Bras Reumatol*. 2015;55(2):189–94.
6. Ton LAB, Mota IG, De Paula JS, Martins APVB. Prevalence of temporomandibular disorder and its association with stress and anxiety among university students. *Brazilian Dent Sci*. 2020;23(1).
7. Silveira AM, Feltrin PP, Zanetti RV, Mautoni MC. Prevalência de portadores de DTM em pacientes avaliados no setor de otorrinolaringologia. *Rev Bras Otorrinolaringol*. 2007;73(4):528–32.
8. Sanches IJ, Gamba HR, de Souza MA, Neves EB, Nohama P. Fusão 3D de imagens de MRI/CT e termografia. *Rev Bras Eng Biomed*. 2013;29(3):298–308.
9. Santos L, Pereira M. a Efetividade Da Terapia Manual No Tratamento De Disfunções Temporomandibulares (Dtm): Uma Revisão Da Literatura the Effectiveness of Manual Therapy in the Treatment of Temporomandibular Disorders (Tmd): a Review of the Literature. *Rev Aten Saúde*. 2016;14:72–7.

10. Abrão ALP, Santana CM, Bezerra ACB, de Amorim RFB, da Silva MB, da Mota LMH, et al. What rheumatologists should know about orofacial manifestations of autoimmune rheumatic diseases. *Rev Bras Reumatol.* 2016;56(5):441–50.
11. Valesan LF, Da-Cas CD, Réus JC, Denardin ACS, Garanhani RR, Bonotto D, et al. Prevalence of temporomandibular joint disorders: a systematic review and meta-analysis. *Clin Oral Investig.* 2021;25(2):441–53.
12. Gonçalves LS, Silva GD da, Nobre AL. Aplicação de biomodelos de prototipagem rápida em CTBMF. *II CONBRACIS.* 2018; 17(1): 112-120.
13. Camardella LT, Breuning H, de Vasconcellos Vilella O. Genauigkeit und Reproduzierbarkeit von Messungen an Gipsmodellen und digitalen Modellen. *J Orofac Orthop.* 2017;78(3):211–220.
14. Cordeiro PC, Guimaraes JP, de Souza VA, Dias IM, Silva JN, Devito KL, et al. Temporomandibular joint involvement in rheumatoid arthritis patients: association between clinical and tomographic data. *Acta Odontol Latinoam.* 2016;29(3):123–9.
15. Branco RS, Branco CS, Tesch R de S, Rapoport A. Frequência de relatos de parafunções nos subgrupos diagnósticos de DTM de acordo com os critérios diagnósticos para pesquisa em disfunções temporomandibulares (RDC/TMD). *Rev Dent Press Ortod e Ortop Facial.* 2008;13(2):61–9.
16. Nettler FH. *Atlas de Anatomia Humana.* Rio de Janeiro: Elsevier, 7ª. Edição, 2018
17. Tresso A, Luvizutto GJ, Bazan R, Caovilla HH, Ganança MM. Abnormal findings on digital vectoelectro-nystagmography in patients with temporomandibular disorders. *Rev CEFAC.* 2021;23(3):1–7.
18. Carrara SV, Conti PCR, Barbosa JS. Termo do 1º Consenso em Disfunção Temporomandibular e Dor Orofacial. *Dental Press J Orthod.* 2010;15(3):114–20.
19. Cavina SR, Vedovello SAS, Dos Santos PR, Carneiro DPA, Venezian GC, Custódio W, et al. Affective relationships as predictors of TMD symptoms in young adults. *Rev Odontol da UNESP.* 2021;50:1–8.

20. Leão BLC de, Gabriel FCT, Cruz KR da, Kagawa AL, Zeigelboim BS, Stechman-Neto J. Prevalence of otological symptoms and parafunctional habits in patients with temporomandibular dysfunction. *Rev CEFAC*. 2019;21(1):1–5.
21. Ramos ACA, Sarmiento VA, Campos PSF, Gonzalez MOD. Articulação temporomandibular - aspectos normais e deslocamentos de disco: imagem por ressonância magnética. *Radiol Bras*. 2017;37(6):449–54.
22. Sartoretto SC, Bello YD, Bona AD. Evidências científicas para o diagnóstico e tratamento da DTM e a relação com a oclusão e a ortodontia. *Rfo.*. 2012;17 set/dez:352–9, set./dez. 2012.
23. Mendiburu-Zavala CE, Castellero-Rosas AS, Lugo-Ancona PE, Carrillo-Mendiburu J. Temporomandibular dysfunction and depression in adolescents of mayan ancestry. *Bol Med Hosp Infant Mex*. 2020;77(3):127–34.
24. Dutra L da C, Seabra E, Dutra G, Silva A, Lucena E. Condição dentária de pacientes com disfunção temporomandibular. *Rev Salud Pública*. 2019;21(3):1–5.
25. Delboni MEG, Abrão J. Estudo dos sinais de DTM em pacientes ortodônticos assintomáticos. *Rev Dent Press Ortod e Ortop Facial*. 2005;10(4):88–96.
26. Molina O, Gaio D, Cury M. Uma análise crítica dos sistemas de classificação sobre o bruxismo: implicações com o diagnóstico, severidade e tratamento dos sinais e sintomas de DTM. *J Bras ... [Internet]*. 2010;2(5):39–61. Available from: http://dtscience.com/index.php/orthodontics_JBA/article/view/194
27. Maydana AV, Tesch R de S, Denardin OVP, Ursi WJ da S, Dworkin SF. Possíveis fatores etiológicos para desordens temporomandibulares de origem articular com implicações para diagnóstico e tratamento. *Dental Press J Orthod*. 2010;15(3):78–86.
28. Dantas I de S, Cordeiro JM, Câmara-Souza MB, de RESENDE CMBM, Oliveira AGR da C, Barbosa GAS. Sensitivity and specificity of different indexes used to diagnose temporomandibular disorders. *Brazilian Dent Sci*. 2018;21(4):403–10.
29. Cavalcanti YW, Cartaxo R de O, Padilha WWN. Educação odontológica e

- Sistema de Saúde brasileiro: práticas e percepções de estudantes de graduação
Dental education and the Brazilian Health System: practices and perceptions of
undergraduate students. *Arq em Odontol* 1. 2010;46(4):226–31.
30. Faé JM, Silva Junior MF, Carvalho RB de, Esposti CDD, Dos Santos Pacheco KT. A integração ensino-serviço em Odontologia no Brasil. *Rev da ABENO*. 2016;16(3):7–18.
 31. BRASIL. Ministério da Saúde. Política Nacional de Educação Permanente em Saúde: o que se tem produzido para o seu fortalecimento? [Internet]. Secretaria de Gestão do Trabalho e da Educação na Saúde, Departamento de Gestão da Educação na Saúde. 2018. 73 p. Available from: https://bvsmms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/politica_nac_prom_saude.pdf
 32. Silva DSM da, Sé EVG, Lima VV, Borim FSA, Oliveira MS de, Padilha R de Q. Metodologias ativas e tecnologias digitais na educação médica: novos desafios em tempos de pandemia. *Rev Bras Educ Med*. 2022;46(2):1–9.
 33. Machado LDS, Xavier SPL, Leite PL, Moreira MRC, Silva MRF, Machado M de FAS. Competências em promoção da saúde: conformações e recursos mobilizados na residência multiprofissional. *Esc Anna Nery*. 2022;26:1–8.
 34. Marques HR, Campos AC, Andrade DM. Inovação no ensino : uma revisão sistemática das metodologias ativas de ensino-aprendizagem Innovation in teaching : a systematic review of active teaching-learning methodologies. *Avaliação, Campinas-SP*, v.26, n.3 2021;718–41.
 35. Pereira RVS, Dantas LDS, Bernardino ÍDM, Silva VC, Madruga RCR, Lucas RS de CC. Preceptoria nos serviços públicos especializados como cenário de aprendizagem na formação em Odontologia. *Rev da ABENO*. 2018;18(4):176–85.
 36. Tarsso Gomes Santos J, Ferreira de Andrade A. Impressão 3D como Recurso para o Desenvolvimento de Material Didático: Associando a Cultura Maker à Resolução de Problemas. *Renote*. 2020;18(1).
 37. Martins ACP. Ensino superior no Brasil: Da descoberta aos dias atuais. *Acta Cir Bras*. 2002;17(SUPPL. 3):4–6.

38. Brasil. Lei nº 8131/2017. Institui a Política Nacional de Saúde Bucal no âmbito do Sistema Único de Saúde (SUS) e altera a Lei nº 8.080, de 19 de setembro de 1990. MS 2023 maio 8. www.gov.br/planalto/pt-b.
39. Bastos BRM dos S, Clara AS, Fonsêca GS, Pires FS, Souza CR de, Botazzo C. Formação em saúde bucal e Clínica Ampliada: por uma discussão dos currículos de graduação. *Rev da ABENO*. 2018;17(4):73–86.
40. Barros AWP, Porto É, Lima JFS de, Brito NM da SO, Soares R de SC. Steps for biomodel acquisition through additive manufacturing for health. *RGO - Rev Gaúcha Odontol*. 2016;64(4):442–6.
41. Junqueira-JAA, Magri LV, Cazal MS, Mori, AA, Rodrigues SAMB, Rodrigues SMAM. Accuracy evaluation of tridimensional images performed by portable stereophotogrammetric system. *Rev Odontol da UNESP*. 2019;48:1–15.
42. Giordano CM, Zancul ES, Rodrigues VP. Análise dos Custos da Produção Por Manufatura Aditiva em Comparação a Métodos Convencionais . *Revista Científica Eletrônica de Engenharia de Produção*, v. 16, n. 2, p.499-523, 2016. Disponível em: <https://producaoonline.org.br/rpo/article/view/1963> . Acesso em: 19 março. 2023.
43. Vitória A, Luna L, Vasconcelos MG, Vasconcelos RG. Sistema Cad-Cam : a Tecnologia Na Confecção De Próteses. *Salusvita, Bauru*. 2018;37(11):963–84.
44. Borges L, Xisto Lima EMC, Carvalho A. O uso do sistema CAD/CAM para confecção de próteses fixas: aplicações e limitações. *J Dent Public Heal*. 2020;11(2):159–66.
45. Melo R de, Souza AG da S, Mendonça RDS de, Nascimento TA do, Sena ALO de, Pereira Neto JB da S, et al. Uso Da Prototipagem Na Odontologia. *Odontol Tópicos em Atuação Odontológica*. 2020;220–36.
46. Gibelli D, Palamenghi A, Poppa P, Sforza C, Cattaneo C, De Angelis D. Improving 3D-3D facial registration methods: potential role of three-dimensional models in personal identification of the living. *Int J Legal Med [Internet]*. 2021;135(6):2501–7. Available from: <https://doi.org/10.1007/s00414-021-02655-3>

47. Yilmaz YZ, Elkhatrushi T, Erdur ZB, Karaaltin MV, Çomunoğlu N, Batioğlu-Karaaltin A. The Use of Three-Dimensional Printed Technology for Mandibular Reconstruction in a Rare Case of Giant Odontogenic Myxofibroma. *J Craniofac Surg.* 2021;32(7):e618–20.
48. Freitas S, Costa P, Ribeiro R. Uso da prototipagem biomédica em Odontologia The Use of biomedic prototyping in dentistry. *Odontol Clín-Cient.* 2010;9(3):223–7.
49. Hoe SV, Shaheen E, Vasconcelos KF, Schoernaers J. Contribution of three dimensional images in the planning of cementoblastoma resection. *BJR(case report).* 2021;(September 2020):0–3.
50. Salas SC, Araneda-Silva L, Schott-Börger S. Evaluación del Error Dimensional en la Reproducción Tridimensional de una Mandíbula Humana Disecada Mediante Prototipado Rápido de Modelado por Deposición Fundida. *Int J Odontostomatol.* 2020;14(1):5–11.
51. Wang CF, Yu Y, Bai W, Han JM, Zhang WB, Peng X. Mechanical properties of three-dimensionally printed titanium plates used in jaw reconstruction: preliminary study. *Int J Oral Maxillofac Surg.* 2021;(September).
52. Haas OL, Becker OE, De Oliveira RB. Computer-aided planning in orthognathic surgery - Systematic review. *Int J Oral Maxillofac Surg [Internet].* 2015;44(3):329–42. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijom.2014.10.025>
53. Cunningham LL, Madsen MJ, Peterson G. Stereolithographic modeling technology applied to tumor resection. *J Oral Maxillofac Surg.* 2005;63(6):873–8.
54. Putra RH, Yoda N, Iikubo M, Kataoka Y, Yamauchi K, Koyama S, et al. Influence of bone condition on implant placement accuracy with computer-guided surgery. *Int J Implant Dent.* 2020;6(1).
55. Arora A, Datarkar AN, Borle RM, Rai A, Adwani DG. Custom-made implant for maxillofacial defects using rapid prototype models. *J Oral Maxillofac Surg [Internet].* 2013;71(2):e104–10. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.joms.2012.10.015>

56. Guvendiren M, Molde J, Soares RMD, Kohn J. Designing Biomaterials for 3D Printing. *ACS Biomater Sci Eng.* 2016;2(10):1679–93.
57. Baratto SSP, Meger MN, Camargo V, Nolasco GMC, Mattos NHR, Roskamp L, et al. Temporomandibular disorder in construction workers associated with ANKK1 and DRD2 genes. *Braz Dent J.* 2022;33(4):12–20.
58. Han J, Kim DS, Jang H, Kim HR, Kang HW. Bioprinting of three-dimensional dentin–pulp complex with local differentiation of human dental pulp stem cells. *J Tissue Eng.* 2019;10.
59. Nejad ZM, Zamanian A, Saeidifar M, Vanaei HR, Amoli MS. 3D Bioprinting of Polycaprolactone-Based Scaffolds for Pulp-Dentin Regeneration: Investigation of Physicochemical and Biological Behavior. *Polymers (Basel).* 2021;13(24).
60. Maricevich P, Pantoja E, Mansur A, Peixoto A, Amando J, Borges PYV, et al. Prototyping: applications in craniomaxillofacial surgery at the Brazilian National Institute of Traumatology and Orthopedics (INTO)-RJ. *Rev Bras Cir Plástica – Brazilian J Plast Sugery.* 2015;30(4):626–32.
61. Feng KC, Pinkas-Sarafova A, Ricotta V, Cuiffo M, Zhang L, Guo Y, et al. The influence of roughness on stem cell differentiation using 3D printed polylactic acid scaffolds. *Soft Matter.* 2018;14(48):9838–46.
62. Russo LL, Caradonna G, Biancardino M, De Lillo A, Troiano G, Guida L. Digital versus conventional workflow for the fabrication of multiunit fixed prostheses: A systematic review and meta-analysis of vertical marginal fit in controlled in vitro studies. *J Prosthet Dent [Internet].* 2019;122(5):435–40. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2018.12.001>
63. Caplova Z, Gibelli DM, Poppa P, Cummaudo M, Obertova Z, Sforza C, et al. 3D quantitative analysis of early decomposition changes of the human face. *Int J Legal Med.* 2018;132(2):649–53.
64. Choi W, Nguyen BC, Doan A, Girod S, Gaudilliere B, Gaudilliere D. Freehand Versus Guided Surgery: Factors Influencing Accuracy of Dental Implant Placement. *Implant Dent.* 2017;26(4):500–9.

65. Putra RH, Yoda N, Iikubo M, Kataoka Y, Yamauchi K, Koyama S, et al. Influence of bone condition on implant placement accuracy with computer-guided surgery. *Int J Implant Dent.* 2020;6(1).
66. Dohan Ehrenfest DM, Del Corso M, Diss A, Mouhyi J, Charrier J-B. Three-Dimensional Architecture and Cell Composition of a Choukroun's Platelet-Rich Fibrin Clot and Membrane. *J Periodontol.* 2010;81(4):546–55.
67. Moon SY, Lee KR, Kim SG, Son MK. Clinical problems of computer-guided implant surgery. *Maxillofac Plast Reconstr Surg [Internet].* 2016;38(1).
68. Moon SY, Lee KR, Kim SG, Son MK. Clinical problems of computer-guided implant surgery. *Maxillofac Plast Reconstr Surg [Internet].* 2016;38(1). Available from: <http://dx.doi.org/10.1186/s40902-016-0063-3>
69. Putra RH, Yoda N, Iikubo M, Kataoka Y, Yamauchi K, Koyama S, et al. Influence of bone condition on implant placement accuracy with computer-guided surgery. *Int J Implant Dent.* 2020;6(1).
70. Hämmerle CHF, Cordaro L, van Assche N, Benic GI, Bornstein M, Gamper F, et al. Digital technologies to support planning, treatment, and fabrication processes and outcome assessments in implant dentistry. Summary and consensus statements. The 4th EAO consensus conference 2015. *Clin Oral Implants Res.* 2015;26:97–101.
71. Gross BC, Erkal JL, Lockwood SY, Chen C, Spence DM. Evaluation of 3D printing and its potential impact on biotechnology and the chemical sciences. *Anal Chem.* 2014;86(7):3240–53
72. Raico GYN, da Silva OIRT, Mukai E, Morimoto S, Sesma N, Cordaro L. Accuracy comparison of guided surgery for dental implants according to the tissue of support: a systematic review and meta-analysis. *Clin Oral Implants Res.* 2017;28(5):602–12.

CAPÍTULO II

A impressão 3D como ferramenta de auxílio ao processo de diagnóstico e tratamento cirúrgico das disfunções temporomandibulares

Brazilian Journal of Pain
Artigo original n:548

RESUMO

Introdução: a disfunção temporomandibular é uma anormalidade funcional da articulação temporomandibular que envolve ligamentos, ossos e o disco articular e alcança entre 40 a 75% da população mundial. A prototipagem rápida vem se constituindo numa ferramenta fundamental para o processo ensino aprendizagem dessa síndrome, bem como otimizando as técnicas de semiologia médico-odontológica. **Objetivo:** desenvolver modelos 3D, a partir de uma ressonância magnética, dos principais estágios da disfunção temporomandibular e sua relação no processo de diagnóstico e tratamento cirúrgico da disfunção. **Metodologia:** foram usados arquivos de extensão DICOM (*Digital Imaging and Communications in Medicine*) de ressonância magnética com e sem a disfunção temporal, os quais foram aplicados em um *software* de reconstrução de imagens médicas, *InVesalius 3.1*, transformado em linguagem triangular padrão, e manipulados no *Meshmixer®Autodesk Inc.©3.5* para correção de eventuais falhas na malha; posteriormente, foi realizada a preparação de impressão no *Simplify3D® 5.0* (*software* de fatiamento), para a qual o material de impressão, *Gtmax Core A3*, usado foi o acrilonitrila butadieno estireno. **Resultados:** as amostras impressas dos três modelos 3D demonstraram a articulação temporomandibular com as característica normal, com e sem redução. **Conclusão:** os modelos 3D apresentaram alta precisão morfológica da ATM e as variantes da disfunção temporomandibular, fazendo a odontologia digital indispensável à compreensão da disfunção e ao planejamento de cirurgias de média e alta complexidade da DTM.

Palavras-chave: Síndrome da DTM, Impressão 3D, Diagnóstico, Tratamento de emergência.

INTRODUÇÃO

A Disfunção da Articulação Temporomandibular (DTM), também conhecida como dor orofacial, é uma enfermidade multifatorial de aspecto comum conforme a Academia Americana de Dor Orofacial. Estima-se que entre 40 a 75% da população mundial apresenta algum sinal de DTM ao longo da vida. Contudo, apenas de 3 a 7%, por não desenvolverem a forma grave ou a disfunção limitante do processo ortognático, buscam atendimento para diagnóstico e tratamento. Fundamentalmente, a DTM está relacionada distúrbios osteomusculares e ligamentares da articulação temporal sobre a qual pesa importante responsabilidade do cirurgião dentista diagnosticar, tratar e reabilitar os pacientes que apresentam esse agravo. Além disso, o problema oostomatognático tem sido relacionado, pela grande maioria dos especialistas, às desordens sistêmica e psicológica, como forma de correlacionar oportunidade e necessidade cirúrgica^{1,2}.

A articulação temporomandibular (ATM) é de complexa funcionalidade fisiológica, pois a mandíbula, único osso do crânio móvel da cabeça, é capaz de permitir movimentos rotacionais e translacionais. Com ossos biarticulados, a ATM se estabelece através do complexo sinergismo entre tecido ósseo, cartilaginoso e neuromuscular, capaz de manter uma relação anátomo-funcional precisa e viável do ponto de vista da normalidade dos processos fisiológicos dos movimentos da fala, mastigação e respiração. Valesan et al³ destacam que se a relação harmônica dessas estruturas não acontecer, pode haver um comprometimento biginglimoartrodial resultante em disfunção temporomandibular⁴.

Nesse aspecto, a abordagem dessa problemática considerará a disfunção com e sem recaptura do disco articular como diretriz para o tratamento conservador ou, em último recurso, o procedimento terapêutico cirúrgico. Ao se confirmar a disfunção sem redução, alguns sintomas como cefaleia frontal, dor de fundo de olho, dor nas têmporas, otalgia, dificuldades na mastigação acompanhada de desconforto são indicativos fundamentais que medidas mais enérgicas precisam ser tomadas pelo cirurgião dentista para sanar matrizes de dores através da artroscopia e da artrocentese. Para tanto, Cavina et al⁵ afirmam que o especialista deve ser capaz de reconhecer os detalhes e a evolução da doença para uma DTM que requer tratamentos mais invasivos. Eles consideram, que dependendo das manifestações clínicas, uma equipe multidisciplinar deverá entrar em

ação, caso seja confirmado que os reflexos inflamatórios do plexo auriculotemporal, envolvam outras áreas da face^{6,7}.

Frente as demandas desse problema, o desenvolvimento de modelos 3D impressos de uma ressonância magnética, vem auxiliar o cirurgião dentista distanciar-se das rupturas de tendões, músculos e glândulas- por exemplo laceração ou derrames anestésicos na parótida, no momento da exérese tecidual. Assim, para uma via cirúrgica segura, as correções de desarticulação dos movimentos de abertura e fechamento da boca, os desvios da linha média, os estalidos (cliques) de recaptura do disco e limitação de abertura bucal devem estar sob o domínio técnico do cirurgião. Nesse aspecto, é indispensável a presença dos modelos 3D personalizados da ATM nas tomadas de decisão tanto entre paciente e o profissional da área, como também em eventual necessidade, para combinar linguagem padrão de cirurgia à equipe multiprofissional em ambiente hospitalar⁸.

Partindo da importância dessa tecnologia, Junqueira et al⁹ afirmam que lançar mão da ressonância magnética como exame padrão ouro para investigação da disfunção temporomandibular é estabelecer um diagnóstico seguro sobre os aspectos relacionados à enfermidade de forma direta e indireta. Logo, extrair informações digitais 3D e imprimir biomodelos, com a finalidade de nortear o tratamento da DTM, são formas responsáveis de operar sem correr o risco de fracassar nos protocolos de segurança. Nesse sentido, por meio dos programas de software médico-odontológico de leitura dessa ressonância magnética, como *Medware*, *Slicer* e *InVesalius*, pode-se otimizar essa interação entre o especialista e a assistência de software específico, usando a extensão *Digital Imaging and Communications in Medicine* (DICOM) para desenhar, editar e imprimir as estruturas anatomopatológicas a que se propõem investigar e tratar⁹.

Assim, o uso da prototipagem rápida, para a produção de peças tridimensionais sobre a disfunção temporomandibular, tem por objetivo demonstrar a disfunção temporomandibular e as subclassificações da DTM com e sem redução, explicar os fatores limitantes do processo de intervenção cirúrgica e orientar a intervenção do ponto de vista da necessidade do planejamento cirúrgico.

MATERIAIS E MÉTODO

O estudo foi desenvolvido no Laboratório de Tecnologias Educacionais 3D da Universidade Federal do Acre – UFAC. Os *Digital Imaging and Communications in Medicine* (DICOM) de ressonância magnética foram baixados do portal de apoio à

pesquisa do site da Universidade de São Paulo - USP, Laboratório de Habilidades e Simulação. A pesquisa está sob amparo legal das Resoluções 466/2012 e 510/2016, que tratam da inexigibilidade de aprovação do CEP/CONEP com dados de domínio público.

O estudo seguiu as seguintes etapas, conforme fluxo da (**Figura 1**): 1- seleção de documentos de ressonância magnética (RM) com padrão de arquivo simulador para a disfunção temporomandibular. 2- Upload do arquivo ressonância magnética (RM) de extensão *Digital Imaging and Communications in Medicine* (DICOM) compactadas no *InVesalius*[®] versão 3.1, software de reconstrução tridimensional de imagens para *Standard Triangle Language* (STL), padrão de transmissão de dados de prototipagem rápida. 3- Modelamento dos modelos 3D da Articulação Temporomandibular (ATM) demonstrando a Disfunção Temporomandibular (DTM) com e sem redução no software *Meshmixer*[®] versão 3.5, programa de design digital; 4- Impressão dos modelos 3D em impressora *Gtmax*[®] *Core A3*.

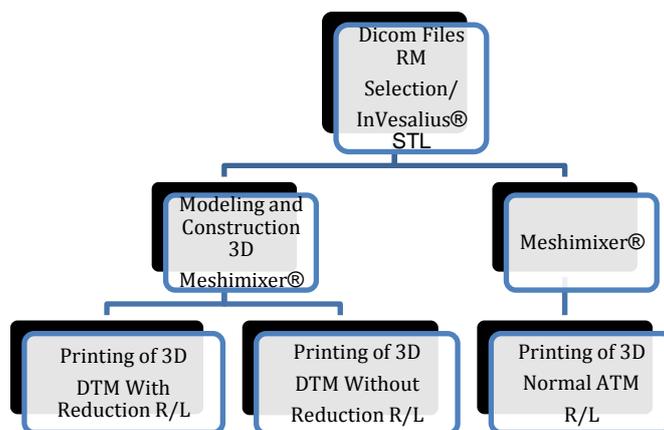


Figura 1. Fluxograma de Criação e Verificação de produção.

O modelo virtual foi arquivado em formato (.stl) e armazenado em banco de dados próprio para posterior garantia e uso em eventuais erros de impressão ou perda de dados em caso de pico ou queda de energia que resultem em instabilidade ou comprometimento de deposição dos filamentos. Seguindo esse fluxo, o arquivo foi transferido para o programa de criação de plano 3D *InVesalius*[®] e para manipulação e correção de malhas *Autodesk Meshmixer*[®], versão 3.1 (Autodesk Inc., Califórnia, Estados Unidos). Neste, foi possível destacar as posições do disco articular, principal objetivo do estudo, sem o plexo auricular temporal: músculo pterigóideo lateral, membrana da cápsula articular,

ligamentos e vasos sanguíneos.

Desse modo, o arquivo de *STL* foi preparado para a impressão no software de fatiamento de arquivo e transformado em *G-CODE* (linguagem padrão da impressora), licenciado pela UFAC, *Simplify3D*®5.0, para os ajustes de eixos de impressão x,y,z para a correta de deposição de filamento; primeiro sobre o suporte das peças e em seguida a construção dos modelos. A impressora foi carregada com 2Kg de filamento acrilonitrila butadieno estireno (ABS), em seguida a mesa de deposição recebeu uma camada de líquido *A.Bond* para fixação dos modelos na plataforma de deposição. A mesa foi pré-aquecida à temperatura ideal, conforme orienta o fabricante da impressora, e uma vez apta ao descarregamento de filamento, ela recebeu o cartão memória, no qual estavam os 3 arquivos editados em *simplify.stl* para a impressão dos modelos 3D, cujo tempo total de impressão durou, aproximadamente, 57 horas, em 3 dias dias intercalados, conforme está destacado nos resultados.

RESULTADOS

A impressão de modelos 3D da disfunção temporomandibular, a partir do exame imagiológico de ressonância magnética, apresentou semelhança estética e anatômica de forma precisa, indispensável ao passo inicial de um planejamento e tratamento. Graças à possibilidade de correção da malha 3D, através da renderização do arquivo digital (**Figura 2**) em eventuais erros no fatiamento, os modelos foram impressos sem preenchimento interno, ou seja, modelos não maciços, para garantir leveza das peças e maior velocidade de deposição do ejetor de sólidos nos eixos x,y,z.

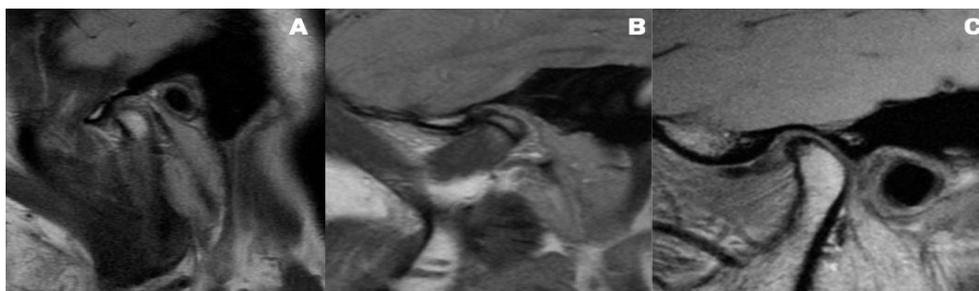


Figura 2- Exame de ressonância magnética com diagnóstico das disfunções da articulação temporomandibular A:disco articular posicionado na fossa mandibular; Modelo B: Disco articular em disfunção temporomandibular com recaptura; Modelo C: Disco articular com disfunção temporomandibular sem recaptura e com limitação de abertura bucal. Fonte: <https://edisciplinas.usp.br/mod/folder/view.php?id=2615128>

O tempo de edição dos arquivos em linguagem *Standard Triangle Language* (STL), no *Autodesk Meshmixer*[®], foi equivalente a 20 minutos para o primeiro modelo com ATM em estado normal, ou seja, sem a característica da síndrome da disfunção temporomandibular (DTM), e de 60 minutos para o segundo e o terceiro modelos com a síndrome a DTM, totalizando 80 minutos de renderização do disco articular.

Os modelos foram classificados conforme estado de funcionalidade em relação ao problema e, para modelo do crânio com ATM normal, o tempo gasto com impressão foi de 1.149 minutos; Crânio do DTM sem redução, de 1136 minutos, e Crânio com DTM com redução, 1165 minutos, totalizando um tempo de 3.450 horas de impressão dos modelos. Após a impressão dos modelos 3D, eles foram comparados à imagem de ressonância, a fim de que se descobrisse qualquer incompatibilidade de cada estágio da disfunção.

Assim, as imagens de ressonância podem ser analisadas com o produto final de acordo com as figuras correspondentes aos estágios da disfunção: Figura 2/A→Figura 3, Figura 2/B→Figura 4, Figura 2/C→ Figura 5. Dessa forma foi possível ser observado e realçado o objetivo funcional e didático proposto do estudo, considerando que se distinguiu nos modelos 3D, as superfícies articulares, depressão e proeminências ósseas e cartilaginosas conforme **Figura 3, Figura 4, Figura 5**, respectivamente.

Modelos Impressos em 3D

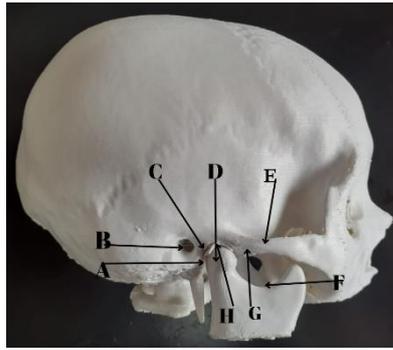


Figura 3- Modelo 3D do crânio com disco articular bem posicionado na fossa mandibular: A-Espaço do plexo retrodiscal, B-Meato acústico externo, C-Fossa mandibular, D-Cabeça da mandíbula, E-Arco zigomático, F-Incisura da mandíbula, G-Tubérculo articular do osso temporal, H-Disco articular

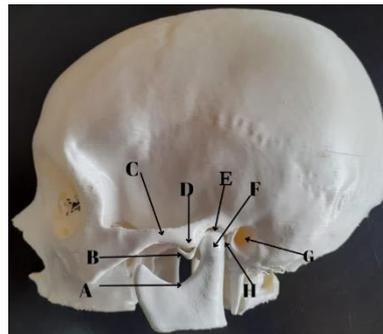


Figura 4- Modelo 3D de crânio com disfunção temporomandibular com recaptura. A-Incisura da mandíbula, B-Disco articular, C-Arco zigomático, D-Incisura da mandíbula, E-Fossa mandibular, F-Cabeça da mandíbula, G-Meato acústico externo, H-Espaço do plexo retrodiscal.

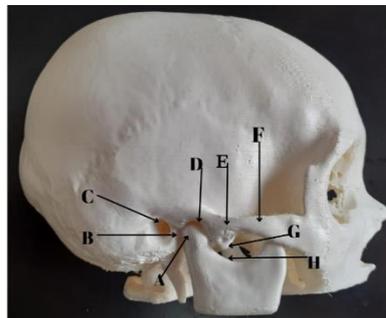


Figura 5- Modelo 3D: Crânio com disfunção temporomandibular sem recaptura. A-Cabeça da mandíbula, B-Espaço do plexo retrodiscal, C-Meato acústico externo, D-Fossa mandibular, E-Incisura da mandíbula, F-Arco zigomático, G-Disco articular, H-Incisura da mandíbula

DISCUSSÃO

Os modelos 3D personalizados ou biomodelos despontam como ferramentas promissoras para o processo de diagnóstico e tratamento, assim como um meio didático do ensino prático de cirurgia da disfunção temporomandibular sem redução. Os relevantes cuidados que se fazem necessários na hora de decidir sobre como, modo e técnica cirúrgica ideal, faz dos modelos 3D um aporte seguro de intervenção, com a finalidade de corrigir as causas da disfunção capsular, respeitando os limites do tecido saudável e anormal. Nesse aspecto, Barros et al¹⁰ salientam que a disfunção temporomandibular, como problema de saúde multifatorial, está relacionada principalmente com: alteração oclusal-edentulismo, mordidas cruzadas, prognatismo e retrognatismo mandibular-reumatismo, dismorfismos ósseos causados por tumores e problemas de ordens posturais como escoliose, dismetria de membros inferiores, entre outras causas¹¹.

Partindo do princípio da adequação e da oportunidade de intervenção cirúrgica, a DTM sem recapturação tem sido a disfunção cujo tratamento é por via cirúrgica de reconstrução do plexo retrodiscal e adaptação da eminência articular em relação a cabeça da mandíbula. Nesse aspecto, Freitas et al¹² frisam que as demonstrações dos modelos 3D são fundamentais e indispensáveis para o planejamento e tomadas de decisões cirúrgicas complexas como as osteotomias, correções das disfunções sem redução, reparos de tecidos ósseos e cartilagosos com margem de segurança devido aos tecidos adjacentes que não são partes integrais da funcionalidade da articulação temporomandibular¹³.

Arora et al¹⁴ apontam que, para tais cirurgias, a prototipagem rápida representa a versatilidade que a odontologia dispõe para corrigir anomalias de osso e cartilagem que influenciam diretamente na função articular da mandíbula, pois ela é a expressão 3D da funcionalidade e estética *in natura*. Além disso, a tecnologia tridimensional tem auxiliado na ampliação investigatória das doenças ortognáticas, contribuindo, assim, para uma terapêutica moderna e com bom prognóstico conservador. Por isso, os modelos impressos têm sido discutidos com ferramenta para a compreensão dos derrames pleurais, pericárdios, tumores de cabeça e pescoço, correção da perda de continuidade óssea, entre outras disfunções, considerando que eles refletem a microarquitetura dos órgãos e dos tecidos¹⁵.

A manufatura aditiva ou 3D, presente na bioengenharia dos tecidos, também tem tido papel fundamental nas aplicações de implante e de enxertos. Gross et al¹³ avaliaram que, por se constituírem em tecnologia biocompatível, os biomodelos estabelecem diminuição dos riscos de rejeição ou biorreabsorção dos tecidos. Graças às nanopartículas, a impressão 3D resulta no alto poder de substituir o tecido ósseo

desgastado ou perdido pela sinovite e capsulite em biotecnologia de remissão ou cura das inflamações localizadas nas partes externas das camadas das fibras do disco articular. Ademais, a bioimpressão tem o alto poder de corrigir os desgastes da eminência articular do osso temporal, fossa da mandíbula, cabeça do processo condilar, incisura da mandíbula, quando atingidos pelos derrames reumáticos com posterior degeneração do disco articular^{16,17}.

Nessas condições, Kundu et al¹⁶ frisam que a artroscopia ou artrocentese, tuberculotomia, condilectomia, entre outras cirurgias, têm se firmado como técnicas fundamentais para o tratamento da disfunção temporomandibular. Os duas últimas técnicas têm sido o recurso para os casos mais avançados e que não respondem aos tratamentos farmacológicos ou com apenas o uso de placa mio-relaxantes. A técnica de deposição de agentes bioativos, na construção das peças anatômicas, tem sido o recurso necessário à construção das características anatômicas degeneradas. Por isso, o uso de produtos biológicos por empilhamento tem alcançado destaque na medicina regenerativa por combinar células e fatores de crescimento conforme superfície geométrica de característica específica à microarquitetura de construção *in natura*^{10,18,19}.

A abrangência da prototipagem rápida em ambientes hospitalares tem recebido destaque nas ressecções de tumor em região de mandíbula pela sua alta precisão dos limites entre tecido saudável e doente. Caplova et al²⁰ destacam que as mudanças na face causadas pelas cirurgias de remoção do carcinoma ameloblástico de mandíbula, quando comparadas àquelas realizadas sem a tecnologia de impressão 3D, são nitidamente díspares, pois ela opera na reprodução de implantes com o formato e o aspecto natural do tecido menos diferenciado pelo tumor ou câncer.²¹⁻²²

Sobre o aspecto da urgência que envolvem o tratamento de tumores confirmados por biópsia simples, a equipe multidisciplinar dos centros especializados deverá optar pelo melhor tratamento: cirurgia convencional, cirurgia com controle anatomopatológico pós-operatória e cirurgia com controle anatomopatológico transoperatório. Sejam quaisquer uma dessas condutas, a impressão 3D contribui no processo de reconstrução tecidual, pois a região de corte tecidual será pré-estabelecida e os riscos e os benefícios, sobre parte ou no todo do sistema ortognático, serão percorridos pelas equipes²³.

Sobre esse aspecto, Ylmaz et al²⁴ enfatizam que tanto na produção do implante que substituirá o tecido seccionado, quanto para mitigar os desconfortos da disfunção temporomandibular, a prototipagem rápida tem sido fundamental às funções da mastigação, fala e respiração envolvidas pelo problema. Por isso, para os implantes

dentários e reabilitador de mandíbula, o uso do sistema CAD/CAM proporciona conforto ao paciente, a precisão e rapidez das ações pela equipe de cirurgia, bem como o controle da hemostasia, exérese, síntese e diérese. Tal aspecto se dá, graças pela alta precisão dimensional anátomo-espacial que apresentam os protótipos, peças anatômicas e modelos 3D²⁵⁻²⁶.

Hammerle et al²⁷ realçam que a prototipagem rápida lançada nos centros cirúrgicos hospitalares, tanto para análise de comparação do aspecto saudável, quanto para planejamento de construção do processo zigomático, de mandíbula e maxila tem dado aporte essencial de sucesso do antes e pós-cirúrgico. Além disso, as bioaplicações em 3D, usadas em laboratórios e em larga expansão científica, apresentam tecnologias de compreensão funcional da cadeia polipeptídica, construção de biomoléculas e de neurotransmissores. Assim, para ampliação dos conceitos de normalidade dos tecidos atingidos pelas enfermidades, por exemplo o diabetes tipo I e II, Alzheimer e câncer, a tecnologia 3D tem dado forma física às dinâmicas intra e extracelulares, bem como ampliação da relação funcional de cada parte do corpo humano²⁸.

Portanto, conhecer a complexidade do conjunto anatomofisiológico dos terços superior, médio e inferior da face, nela incluída a única articulação, ATM, é essencial para o desenvolvimento de técnicas de diagnósticos corretos e de cirurgias com sucesso. Desenvolver parâmetros de diagnóstico mais preciso é fundamental para cirurgiões dentistas identifiquem os elementos que afetam do terço baixo, médio e alto da face. Para isso, evidenciar o espectro da doença clínica, baseada em evidências de uma boa leitura dos exames radiológicos e, em caso de tomada de decisão para o controle ou correção de problemas mais sérios, usar tecnologia 3D é a possibilidade de errar menos, diminuir tempo de estresse do paciente e da equipe de profissionais envolvidos no cuidado à saúde humana²⁹⁻³⁰.

CONCLUSÃO

Por fim, o desenvolvimento dos modelos 3D foi capaz de demonstrar as estruturas que participam da articulação temporal bem como as disfunções relacionadas a ATM. O desenvolvimento dos modelos vem para contribuir como ferramenta de orientação cirúrgica em âmbito acadêmico, em clínicas e hospitais públicos sobre as variadas abordagens de tratamentos da disfunção temporomandibular, mas principalmente na redução de tempo cirúrgico, diminuição dos riscos e dos erros em cirurgias de

reconstituição e quaisquer outras intervenções na DTM. Além disso, a capacidade de reproduzir modelos 3D personalizados, semelhantes às *in natura*, faz dessa tecnologia uma ferramenta ideal para compreender as osteotomias cirúrgicas personalizadas que se fizerem necessárias às disfunções temporomandibulares.

AGRADECIMENTOS

Ao apoio material e de laboratório da Universidade Federal do Acre.

REFERÊNCIAS

1. American Academy of Orofacial Pain [Internet]. Epidemiology and Impact of Orofacial Pain; Most Common Orofacial Pain Disorders. [Acessado em 08 de mai 2023]. Disponível em: <https://aaop.org/>
2. Ton LAB, Mota IG, De Paula JS, Martins APVB. Prevalence of temporomandibular disorder and its association with stress and anxiety among university students. *Brazilian Dent Sci.* 2020;23(1).
3. Valesan LF, Cassia CD, Réus JC, Denardin ACS, Garanhani RR, Bonotto D, et al. Prevalence of temporomandibular joint disorders: a systematic review and meta-analysis. *Clin Oral Investig.* 2021;25(2):441–53.
4. Delboni MEG, Abrão J. Estudo dos sinais de DTM em pacientes ortodônticos assintomáticos. *Rev Dent Press Ortod e Ortop Facial.* 2005;10(4):88–96.
5. Cavina SR, Vedovello SAS, Santos PR, Carneiro DPA, Venezan GC, Custódio W, et al. Affective relationships as predictors of TMD symptoms in young adults. *Rev Odontol da UNESP.* 2021;50:1–8.
6. Chaves TC, Oliveira AS De, Grossi DB. Principais instrumentos para avaliação da disfunção temporomandibular , Parte II : critérios diagnósticos ; uma contribuição para a prática clínica e de pesquisa Main instruments for assessing temporomandibular disorders , part II : diagnostic criteria ; *Fisioter e Pesqui.* 2008;15(1):101–6.
7. Justen M, Pires FS, Warmling CM. Decisão diante de conflitos bioéticos e

- formação em odontologia. *Rev Bioética*. 2021;29(2):334–43.
8. Ferreira LA, Grossmann E, Januzzi E, de Paula MVQ, Carvalho ACP. Diagnosis of temporomandibular joint disorders: Indication of imaging exams. *Braz J Otorhinolaryngol*. 2016;82(3):341–52
 9. Junqueira-Junior AA, Magri LV, Casal MS, Mori AA, Rodrigues SAMB, Rodrigues MAM. Accuracy evaluation of tridimensional images performed by portable stereophotogrammetric system. *Rev Odontol da UNESP*. 2019;48:1–15.
 10. Barros AWP, Lima JFS de, Brito NMSO, Soares R de SC. Steps for biomodel acquisition through additive manufacturing for health TT - Passos para a obtenção de biomodelos em manufatura aditiva para a saúde. *RGO - Rev Gaúcha Odontol* [Internet]. 2016;64(4):442–6. Available from: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1981-86372016000400442&lang=pt%0Ahttp://www.scielo.br/pdf/rgo/v64n4/1981-8637-rgo-64-04-00442.pdf
 11. Feng KC, Li J, Wang L, Chuang YC, Liu H, Pinkas-Sarafova A, et al. Combination of 3D Printing and ALD for Dentin Fabrication from Dental Pulp Stem Cell Culture. *ACS Appl Bio Mater*. 2021;4(10):7422–30.
 12. Freitas S, Costa P, Ribeiro R. Uso da prototipagem biomédica em Odontologia The Use of biomedic prototyping in dentistry. *Odontol Clín-Cient*. 2010;9(3):223–7.
 13. Gross BC, Erkal JL, Lockwood SY, Chen C, Spence DM. Evaluation of 3D printing and its potential impact on biotechnology and the chemical sciences. *Anal Chem*. 2014;86(7):3240–53.
 14. Arora A, Datarkar AN, Borle RM, Rai A, Adwani DG. Custom-made implant for maxillofacial defects using rapid prototype models. *J Oral Maxillofac Surg* [Internet]. 2013;71(2):e104–10. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.joms.2012.10.015>
 15. Baratto SSP, Meger MN, Camargo V, Nolasco GMC, Mattos NHR, Roskamp L, et al. Temporomandibular disorder in construction workers associated with ANKK1 and DRD2 genes. *Braz Dent J*. 2022;33(4):12–20.

16. Kundu J, Pati F, Shim JH, Cho DW. Rapid prototyping technology for bone regeneration. *Rapid Prototyping of Biomaterials: Techniques in Additive Manufacturing*. 2019. 289–314 p.
17. Haas OL, Becker OE, De Oliveira RB. Computer-aided planning in orthognathic surgery - Systematic review. *Int J Oral Maxillofac Surg* [Internet]. 2015;44(3):329–42. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijom.2014.10.025>
18. McMahon RE, Wang L, Skoracki R, Mathur AB. Development of nanomaterials for bone repair and regeneration. *J Biomed Mater Res - Part B Appl Biomater*. 2013;101 B(2):387–97.
19. Brandão L, Coutinho J, Sylvio, Narciso L. Modeling and validation of a 3D premolar for finite element analysis. *Rev Odontol Da Unesp*. 2016;45(1):21–6.
20. Caplova Z, Gibelli DM, Poppa P, Cummaudo M, Obertova Z, Sforza C, et al. 3D quantitative analysis of early decomposition changes of the human face. *Int J Legal Med*. 2018;132(2):649–53.
21. Cunningham LL, Madsen MJ, Peterson G. Stereolithographic modeling technology applied to tumor resection. *J Oral Maxillofac Surg*. 2005;63(6):873–8.
22. Maricevich P, Pantoja E, Mansur A, Peixoto A, Amando J, Borges PYV, et al. Prototyping: applications in craniomaxillofacial surgery at the Brazilian National Institute of Traumatology and Orthopedics (INTO)-RJ. *Rev Bras Cir Plástica – Brazilian J Plast Sugery*. 2015;30(4):626–32.
23. Vitória A, Luna L, Vasconcelos MG, Vasconcelos RG. Sistema Cad-Cam : a Tecnologia Na Confecção De Próteses. *Salusvita, Bauru*. 2018;37(11):963–84.
24. Yilmaz YZ, Elkhatroushi T, Erdur ZB, Karaaltin MV, Çomunoğlu N, Batioğlu-Karaaltin A. The Use of Three-Dimensional Printed Technology for Mandibular Reconstruction in a Rare Case of Giant Odontogenic Myxofibroma. *J Craniofac Surg*. 2021;32(7):e618–20.
25. Choi W, Nguyen BC, Doan A, Girod S, Gaudilliere B, Gaudilliere D. Freehand Versus Guided Surgery: Factors Influencing Accuracy of Dental Implant Placement. *Implant Dent*. 2017;26(4):500–9.

26. Dohan Ehrenfest DM, Del Corso M, Diss A, Mouhyi J, Charrier J-B. Three-Dimensional Architecture and Cell Composition of a Choukroun's Platelet-Rich Fibrin Clot and Membrane. *J Periodontol*. 2010;81(4):546–55.
27. Hämmerle CHF, Cordaro L, van Assche N, Benic GI, Bornstein M, Gamper F, et al. Digital technologies to support planning, treatment, and fabrication processes and outcome assessments in implant dentistry. Summary and consensus statements. The 4th EAO consensus conference 2015. *Clin Oral Implants Res*. 2015;26:97–101.
28. Lo Russo L, Caradonna G, Biancardino M, De Lillo A, Troiano G, Guida L. Digital versus conventional workflow for the fabrication of multiunit fixed prostheses: A systematic review and meta-analysis of vertical marginal fit in controlled in vitro studies. *J Prosthet Dent* [Internet]. 2019;122(5):435–40. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2018.12.001>
29. Moon SY, Lee KR, Kim SG, Son MK. Clinical problems of computer-guided implant surgery. *Maxillofac Plast Reconstr Surg* [Internet]. 2016;38(1). Available from: <http://dx.doi.org/10.1186/s40902-016-0063-3>
30. Putra RH, Yoda N, Iikubo M, Kataoka Y, Yamauchi K, Koyama S, et al. Influence of bone condition on implant placement accuracy with computer-guided surgery. *Int J Implant Dent*. 2020;6(1).