



**CENTRO UNIVERSITÁRIO UNIFAMETRO
ODONTOLOGIA**

RAIMUNDO ALBANO DOS SANTOS FILHO

**UTILIZAÇÃO DO SISTEMA CAD/CAM PARA O PLANEJAMENTO CIRÚRGICO
DE RECONSTRUÇÕES ÓSSEAS MANDIBULARES**

Revisão de Literatura

FORTALEZA

2020

RAIMUNDO ALBANO DOS SANTOS FILHO

**UTILIZAÇÃO DO SISTEMA CAD/CAM PARA O PLANEJAMENTO CIRÚRGICO
DE RECONSTRUÇÕES ÓSSEAS MANDIBULARES**

Revisão de Literatura

Monografia apresentada no dia 9 de dezembro de 2020 como requisito para a obtenção do grau de bacharel em Odontologia do Centro Universitário UNIFAMETRO – sendo avaliado pela banca examinadora composta pelos professores abaixo:

BANCA EXAMINADORA

Prof.^a. Dra. Clarice Maia Soares de Alcântara Pinto
Orientadora – Centro Universitário Fametro - UNIFAMETRO

Prof.^a. Me. Aline Dantas Diógenes Saldanha
Membro Docente – Centro Universitário Fametro - UNIFAMETRO

Prof. Me. Jandenilson Alves Brígido
Membro Docente - Centro Universitário Fametro – UNIFAMETRO

R153u Santos Filho, Raimundo Albano dos.
Utilização do sistema CAD/CAM para o planejamento cirúrgico de reconstruções ósseas mandibulares. / Raimundo Albano dos Santos Filho. – Fortaleza, 2020.
51 f. ; 30 cm.

Monografia – Curso de Odontologia do Centro Universitário Fametro, Fortaleza 2020.
Orientação: Prof. Dra. Clarice Maia Soares de Alcântara Pinto.

1. CAD/CAM Maxilofacial. 2. Reconstrução Mandibular. 3. Odontologia. I. Título.

CDD 617.6

AGRADECIMENTOS

A Deus pelo dom da vida, pela ajuda e proteção.

Aos meus pais que sempre acreditaram, investiram e se sacrificaram para que eu chegasse até aqui.

À minha namorada que sempre me motivou a seguir em frente e me amparou durante momentos difíceis.

A minha professora e orientadora Dra. Clarice Maia, por toda a sua disponibilidade, paciência, aprendizado e puxões de orelha, sempre me auxiliando a tornar-me um aluno melhor. Você é uma inspiração pra mim, e creio que seja para muitos outros também.

E por fim, a todos os meus professores que me ajudaram a chegar até aqui, em especial a Professora Me. Aline Dantas e o ao meu Professor Dr. Jandenilson Alves Brígido, que através de suas aulas ou dos momentos práticos me transmitiram a paixão pela prótese.

“Seja o que for... você continua encontrando alguma coisa pela qual lutar.”

- Joel Miller

RESUMO

A odontologia tem passado por grandes mudanças e aprimoramentos técnicos e tecnológicos, e um dos grandes responsáveis por este fato é o sistema *Computer Aided Design/Computer Aided Manufacturing* (CAD/CAM), que se tornou um dispositivo fundamental para auxiliar o cirurgião-dentista a alcançar resultados de excelência dentro de procedimentos envolvendo a reconstrução óssea mandibular. Tendo como objetivo deste trabalho evidenciar as alternativas de tratamentos disponíveis com o auxílio de CAD/CAM que podem facilitar e acelerar o planejamento cirúrgico. O trabalho desenvolvido trata-se de uma revisão de literatura realizada por meio de pesquisas bibliográficas acerca de artigos publicados no período de 2010 a 2020. Para a pesquisa, foram realizadas buscas nas bases de dados do SciELO, PubMed, EBSCO utilizando os descritores: *CAD/CAM Maxilofacial, Mandibular Reconstruction, Techniques, Virtual Planning*, encontrando 73 artigos, no qual 17 foram inclusos no presente trabalho. Atualmente existe um fator que proporciona uma vantagem ao sistema digital quando comparado ao método analógico. O uso de tecnologias de navegação e planejamento que podem reduzir o tempo operatório. Conclui-se que o sistema CAD/CAM se apresenta como uma excelente alternativa aos profissionais da área odontológica hospitalar, uma vez que é capaz de auxiliar reconstruções ósseas em alta performance operatória.

Palavras-chave: CAD/CAM Maxilofacial; Reconstrução Mandibular; Técnicas; Planejamento Virtual.

ABSTRACT

Dentistry has undergone major changes and technical and technological improvements, and one of the main factors responsible for this is the Computer Aided Design / Computer Aided Manufacturing (CAD/CAM) system, which has become a fundamental device to assist the dental surgeon to achieve excellent results within procedures involving mandibular bone reconstruction. With the objective of this work to highlight the treatment alternatives available with the aid of CAD / CAM that can facilitate and accelerate surgical planning. The work developed is a literature review carried out by means of bibliographic researches about articles published in the period from 2010 to 2020. For the research, searches were carried out in the databases of SciELO, PubMed, EBSCO using the descriptors: CAD/CAM Maxillofacial, Mandibular Reconstruction, Techniques, Virtual Planning, finding 73 articles, of which 17 were included in the present work. Currently, there is a factor that provides an advantage to the digital system when compared to the analog method. The use of navigation and planning technologies that can reduce operating time. It is concluded that the CAD/CAM system presents itself as an excellent alternative for professionals in the hospital dental field, since it is able to assist bone reconstructions in high operative performance.

Keywords: CAD/CAM Maxillofacial; Mandibular Reconstruction; Techniques; Virtual Planning.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Simulação em 3D do posicionamento do enxerto e implante cirúrgico a serem aplicados na mandíbula.

Figura 2: Impressão 3D do protótipo utilizado como guia para modelagem da placa de titânio no pré-operatório.

Figura 3: Planejamento virtual para reconstrução mandibular pós-mandibulectomia para ressecção de lesão maligna, incluindo guia de corte para fíbula.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Breve comparação entre procedimentos cirúrgicos realizados de forma analógica e com auxílio do CAD/CAM.

Tabela 2 - Principais achados dentro dos estudos bibliográficos – Séries de Casos.

Tabela 3 - Principais achados dentro dos estudos bibliográficos – Relato de Caso.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

| | |
|-------------------|--|
| ABNT | Associação Brasileira de Normas Técnicas. |
| CAD | <i>Computer-aided design</i> (Desenho assistido por computador). |
| CAM | <i>Computer-aided manufacturing</i> (Manufatura assistida por computador). |
| CCD | <i>Couple Charge Devices</i> |
| CEREC | <i>Ceramic Reconstruction</i> (Reconstrução Cerâmica). |
| CNC | Controle Numérico Computadorizado. |
| g/cm ³ | Grama por Centímetro Cúbico. |
| PU | Poliuretano |
| SLA | <i>Stereo Litho Graphy</i> (Estereolitografia) |
| STL | <i>Standard Triangle Language</i> (Linguagem de Triângulo Padrão). |
| SUS | Sistema Único de Saúde. |
| TC | Tomografia Computadorizada. |
| VTK | Visualization Toolkit (Kit de Visualização 3D) |

SUMÁRIO

| | | |
|----------|---|----|
| 1 | INTRODUÇÃO | 11 |
| 2 | OBJETIVO | 14 |
| 3 | REVISÃO DE LITERATURA | 15 |
| | 3.1 INTRODUÇÃO AO CAD/CAM..... | 15 |
| | 3.2 PROTOTIPAGEM..... | 16 |
| | 3.3 MATERIAIS BIOCOMPATIVOS..... | 19 |
| | 3.4 ESCANEAMENTO TRIDIMENSIONAL..... | 20 |
| | 3.5 TOMOGRAFIA COMPUTADORIZADA..... | 20 |
| | 3.6 SOFTWARE..... | 21 |
| | 3.7 PLANEJAMENTO DIGITAL <i>VERSUS</i> ANALÓGICO..... | 22 |
| 4 | METODOLOGIA | 28 |
| 5 | RESULTADOS E DISCUSSÃO | 29 |
| 4 | CONSIDERAÇÕES FINAIS | 42 |
| | REFERÊNCIAS | 43 |
| | GLOSSÁRIO | 50 |

1 INTRODUÇÃO

O sistema CAD/CAM refere-se a uma sigla em inglês para duas expressões: *Computer-Aided Design* (desenho assistido por computador) e CAM – *Computer-Aided Manufacturing* (manufatura assistida por computador) (CAMARGO *et al*, 2018)

Esta tecnologia proporciona a capacidade de idealizar uma prótese no computador, ao mesmo tempo em que seu aparelho consegue enviar um comando até uma impressora 3D que realizará a confecção daquele desenho, transformando-o em uma prótese pronta para ser instalada no paciente ou servir de guia cirúrgico. Em Cirurgia e Traumatologia Buco-Maxilo-Facial, é mais frequente realizar próteses ou guias de instalação em região mandibular com o objetivo de simular uma nova estrutura óssea nessa região em situações que deformidades ou lesões severas que comprometem a função e estética orofacial (ALDAADAA *et al*, 2018)

Os modelos impressos através da prototipagem rápida auxiliam o profissional no diagnóstico e no planejamento cirúrgico, elevando a precisão e rapidez nos procedimentos, reduzindo riscos cirúrgicos, tempos e custos hospitalares por estadias extras, além de estimular a confiança do tratamento, trazer o conforto pós cirúrgico ao paciente e diminuir as chances de erros do cirurgião (VELASCO *et al*, 2017).

Com a evolução da prototipagem biomédica surge o conceito de cirurgia guiada por computador, importante ferramenta de análise-diagnóstica, na qual é possível planejar e executar, na tela do computador a partir de um *software* específico e, num segundo momento, no próprio paciente, cirurgias para a instalação de uma prótese funcional, de forma previsível (COLOMBO *et al*, 2013)

A cirurgia assistida por computador está se tornando cada vez mais popular no campo da cirurgia oral e maxilofacial. No passado, a posição tridimensional (3D) da estrutura a ser aplicada na mandíbula era muito difícil de controlar, pois a operação era baseada exclusivamente na experiência do cirurgião. Assim, tais operações ocasionalmente resultavam em oclusão e aparência insatisfatórias. No entanto, com a aplicação da tecnologia virtual, as reconstruções mandibulares estão se tornando cada vez mais precisas. A primeira dessas

tecnologias utilizada para a reconstrução mandibular foi o desenho auxiliado por computador (CAD) (SUKEGAWA *et al.*, 2018)



Figura 1: Simulação em 3D do posicionamento do enxerto e implante cirúrgico a serem aplicados na mandíbula. (WEYH *et al.*, 2020.)

O CAD pode ser usado para previamente marcar linhas de osteotomia e calcular os comprimentos e ângulos dos segmentos ósseos simulando o processo operatório. Logo depois, auxiliado por manufatura assistida (CAM) e a prototipagem rápida, que foram introduzidas na última década, foram notadas melhoras na precisão da reconstrução. Ao mesmo tempo, tornou-se possível importar dados virtuais para um sistema de navegação, que foi usado para fornecer orientação para o posicionamento preciso e seguro de hardware ou enxertos ósseos, movimento de segmentos ósseos, ressecção de tumor e desenhos de osteotomia. Finalmente, scanners de tomografia computadorizada intra-operatórios recém-projetados tornaram-se disponíveis e pôde ser usado para validar a precisão da reconstrução antes que os pacientes entrassem na sala de cirurgia. Muitos aparelhos e estudos sobre a cirurgia de navegação concentraram-se na região média da face (YU *et al.*, 2016).

O tratamento das deformidades faciais é um desafio à equipe cirurgia envolvendo, frequentemente, cirurgias múltiplas, sendo algumas de alto custo. Entretanto em alguns casos, os resultados obtidos não são satisfatórios e, assim, os

órgãos ligados ao atendimento de saúde e os profissionais envolvidos têm se preocupado continuamente com o desenvolvimento de novas formas de diagnóstico e tratamento destas deformidades (MEURER *et al.* 2010).

2 OBJETIVO

O objetivo do trabalho é, através de uma revisão da literatura, evidenciar as alternativas de tratamentos disponíveis com o auxílio de CAD/CAM que podem facilitar e acelerar o planejamento cirúrgico e consequentemente a sua operatória em casos de deformidades faciais causadas por lesões malignas ou benignas mandibulares.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 INTRODUÇÃO AO SISTEMA CAD/CAM

Na indústria em geral, CAD/CAM refere-se ao processo de utilização de computadores para criação, projeção e fabricação de qualquer tipo de produto. O termo CAD/CAM implica que se pode utilizar um sistema em particular, tanto para a concepção do produto desejado quanto para controlar seu processo de fabricação (NAZARIAN *et al*, 2008).

Em outras palavras, consiste em obter o desenho de uma estrutura num computador (*Computer Aided Design*) seguido da sua confecção por uma impressora 3D (*Computer Aided Manufacturing*) (CORREIA *et al*, 2006).

Durante os anos 50, o setor industrial prontamente passou a adotar ferramentas que podiam repetidamente serem usadas para fabricação de variadas formas, com diferentes dimensões e complexidades. A indústria aeronáutica, por exemplo, fez uso de tal tecnologia para produzir com precisão seus componentes. O desenvolvimento do *software* CAD levou a inúmeras aplicações, que proporcionaram à engenheiros, designers e fabricantes da época, um conjunto sofisticado de ferramentas e sistemas para projetar, desenvolver e fabricar uma ampla variedade de produtos que se expandiram a quase todos os setores industriais. Os sistemas rudimentares da época de 1960 já se tornaram tão avançados que, combinando o grande potencial, a diminuição do tamanho do maquinário e relativamente o baixo custo dos computadores, a tecnologia não só é acessível, mas também pode ser utilizada por pessoas sem formação em engenharia ou desenho (NAZARIAN, 2008).

Os sistemas CAD-CAM apresentam basicamente três fases: 1) aquisição dos dados, escaneamento; 2) um *software* para elaboração dos dados obtidos; 3) uma impressora 3D, que seguindo as informações do *software*, produz a peça a partir dos blocos do material desejado (LIU *et al*, 2008).

Este tipo de tecnologia, teve sua introdução na Odontologia, no final da década de 70 e início da década de 80. Isto graças a François Duret, na França, Bruce Altschuler, nos EUA e Werner Mormann e Marco Brandestini, na Suíça. Os objetivos eram, até então, a automatização de um processo manual de modo a obter

material de elevada qualidade, padronizar processos de fabricação e reduzir os custos de produção (CORREIA *et al*, 2005).

Em 1977, Young e Altschuler apresentaram a ideia de utilizar a holografia a laser para fazer um mapeamento intra-oral, porém, o sistema não alcançou o devido sucesso comercial pelo custo elevado e complexidade de uso (ESSIG *et al*, 2008). No entanto, foi por volta de 1980, na Suíça, que Werner Mormann, professor do Centro de Odontologia da Universidade de Zurique e seu amigo Marco Brandestini, engenheiro elétrico, criaram o primeiro sistema de CAD/CAM que viria a se tornar disponível no mercado, o sistema CEREC (MORMANN *et al*, 2006).

CALDRONEY *et al*, (2012) afirmam que o uso do planejamento 3D e da cirurgia virtual representa uma grande mudança de paradigma e a tecnologia pode ser aplicada em todo o escopo da cirurgia oral e maxilofacial.

Por fim, simulação cirúrgica virtual tem grande potencial para substituir o método tradicional da cirurgia de modelo de gesso (MOREIRA *et al*, 2013).

Para as cirurgias, no tratamento das deformidades dentofaciais, a reconstrução de imagens em 3D geradas a partir de tomografias computadorizadas tornam possível um planejamento virtual, permitindo a resolução desses obstáculos através da realização de cirurgias virtuais e da fabricação/usinagem de protótipos e guias cirúrgicos através da tecnologia dos *softwares* CAD/CAM (GATENO *et al.*, 2003; MOREIRA *et al*, 2013).

3.2 PROTOTIPAGEM

O primeiro sistema de prototipagem desenvolvido foi a estereolitografia. Devido ao pioneirismo desta técnica, o termo estereolitografia é até hoje amplamente utilizado como sinônimo de prototipagem rápida. A utilização da prototipagem de biomodelos teve início na década de 80 e vem se tornando popular na área da saúde. Na odontologia, a prototipagem é utilizada principalmente nas áreas de cirurgia e traumatologia buco-maxilo-facial, implantodontia, prótese dentária e ortodontia (SCHAFFER, 2006; FREITAS 2010).

Esses biomodelos permitem a mensuração de estruturas, a simulação de osteotomias e de técnicas de ressecção além de um completo planejamento dos

mais diversos tipos de cirurgia em região buco-maxilo-facial. Isto tende a reduzir o tempo do procedimento cirúrgico e, conseqüentemente, o período de anestesia, bem como o risco de infecção, havendo ainda melhora no resultado e diminuição no custo global do tratamento (ANTONY *et al*, 2011).

A prototipagem rápida é uma tecnologia inovadora desenvolvida nas duas últimas décadas visando produzir protótipos de forma relativamente rápida para inspeção visual, avaliação ergonômica, análise de forma/dimensão e como padrão mestre para a produção de ferramentas que possam auxiliar na redução de tempo do processo de desenvolvimento desse produto (MAHINDRU *et al*, 2013).

A utilização da prototipagem rápida no processo de desenvolvimento apresenta os seguintes pontos fortes: (I) sua capacidade de produzir formas tridimensionais complexas e detalhadas; (II) a redução de *leadtimes* (ciclo de produção) para peças únicas (MODEEN *et al*, 2005).

As tecnologias de prototipagem rápida se dividem em duas categorias principais: os métodos com remoção de material e com adição de material. A primeira requer um processo no qual a ferramenta “subtrai” material, através da utilização de uma variedade de diferentes tipos de fresas, de diferentes materiais, que é gradualmente reduzido para a réplica física do modelo original desenhado em CAD. No segundo caso, o modelo físico é construído sequencialmente, uma camada sopra a outra até formar uma cópia analógica de seu original digital em CAD (FERREIRA *et al*, 2001).

Dentre as técnicas de prototipagem rápida por remoção de material destacamos a técnica de usinagem de Controle Numérico Computadorizado (CNC). Esta técnica consiste na utilização de equipamentos que permitem altas velocidades de corte e de avanço para trabalhar com materiais duros e de difícil usinabilidade como Poliuretano Injetável expandido, por exemplo, criando assim uma fresadora CNC de alta velocidade para trabalhar com as ferramentas necessárias e nas condições de usinagem requeridas pelos materiais (FREITAS *et al*, 2010).

Na primeira fase, em um *software* de desenho 3D, cria-se um modelo da peça que, depois de pronto, é exportado como um arquivo com extensão STL (*Standard Triangle Language*). O equipamento de prototipagem processa esse arquivo fatiando em diversas camadas o sólido desenhado em 3D. Em seguida, na fase de processamento do protótipo rápido, o equipamento cria a primeira camada

(ou fatia) do modelo físico e abaixa o modelo até a altura da espessura da próxima camada, repetindo-se esse processo até a completa construção do modelo sólido. Finalmente, na última fase, o modelo e seus suportes são removidos e é dado o acabamento final (em alguns casos, é necessário um processo final de cura ou ainda um tratamento da superfície) da peça física (VENUVINOD *et al*, 2004).

A SLA (estereolitografia) consiste em um processo que se baseia na polimerização de uma resina fotossensível (acrílica, epóxi ou vinil) composta de monômeros, fotoiniciadores e aditivos, através de um feixe de laser ultravioleta (BAGHERI *et al*, 2019).

A máquina de SLA contém uma cuba, preenchida com a resina, no interior da qual há uma plataforma que se movimenta de cima para baixo. O computador envia para a plataforma a primeira fatia (camada) do modelo virtual a ser polimerizada. O controle numérico da máquina posiciona essa plataforma na superfície da resina e os espelhos galvanômetros direcionam o feixe de laser para a porção de resina correspondente a essa primeira camada. Quando essa camada é atingida pelo laser, os fotoiniciadores desencadeiam uma reação localizada que promove a formação de uma cadeia polimérica entre as moléculas do monômero dispersas na resina, ocorrendo a solidificação. Após a conclusão desse primeiro passo, a plataforma desce imergindo a primeira camada solidificada na resina líquida para que nova camada seja polimerizada sobre a primeira, e assim sucessivamente até a conclusão do modelo (LIVESU *et al*, 2017).

MEURER *et al* (2010), constataram que as etapas de confecção dos protótipos devem ser seguidas com extrema cautela e precisão, no intuito de obter um modelo com alta fidelidade de medidas em toda a sua extensão. Um erro em qualquer um desses estágios pode implicar alterações no final do processo.

O progresso técnico levou à integração de técnicas de prototipagem (estereolitografia tridimensional) em fluxos de trabalho de cirurgia guiada por imagem e, portanto, pode adicionar informações “táteis” ao computador baseado na visualização (WONG, 2016).

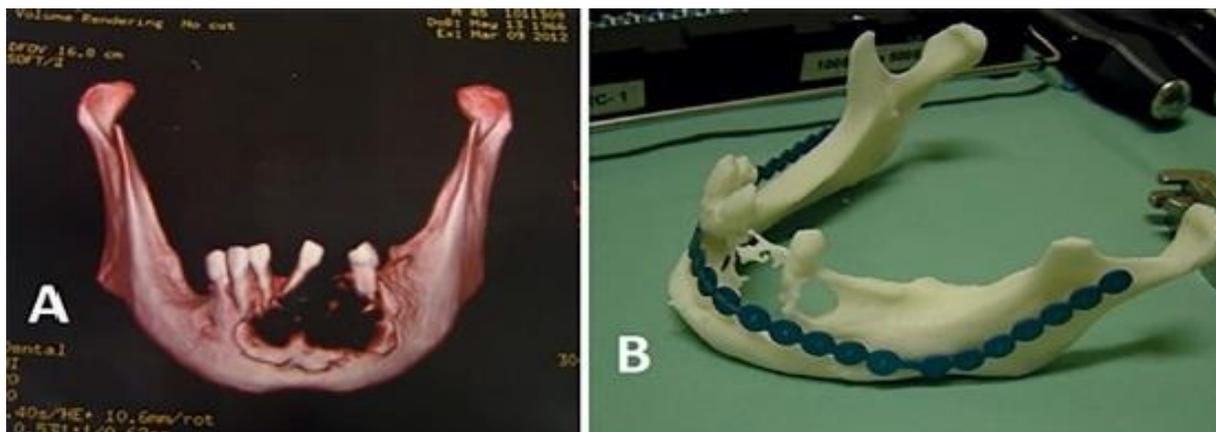


Figura 2: Impressão 3D do protótipo utilizado como guia para modelagem da placa de titânio no pré-operatório. (WONG, 2016)

3.3 MATERIAIS BIOCOMPATÍVEIS

Quando se pensa em guias cirúrgicos, ferramenta de uso fundamental durante a cirurgia, segundo BADOTTI (2003), o material de preferência é a resina fotopolimerizável. No entanto, para materiais que irão substituir estruturas ósseas e obter uma íntima relação com os tecidos moles, como protótipos mandibulares que servem para auxiliar no planejamento pré-operatório e para fins didáticos, os materiais mais utilizados para a fabricação de protótipos são placas de poliuretano (PU) de baixa densidade ($0.52-0.57 \text{ g/cm}^3$) e dureza (50 ShD), próprias para rápida usinagem em máquinas CNC (Comando Numérico Controlado) (FREITAS *et al*, 2010).

Os biomodelos não demonstraram ser de grande necessidade no tratamento de deformidades faciais simples, onde técnicas cirúrgicas já padronizadas obtêm bons resultados, o que poderia implicar em um sobrecusto no tratamento. Contudo, nos casos em que procedimentos cirúrgicos complexos e personalizados são necessários, os biomodelos facilitam a cirurgia, melhoram os resultados, diminui os riscos, as complicações, o tempo cirúrgico, além dos custos globais do tratamento. Em casos onde existia uma anatomia contralateral normal, esta pode ser usada como base para reconstrução do lado afetado (SOUZA *et al*, 2015)

3.4 ESCANEAMENTO TRIDIMENSIONAL

O Escaneamento Tridimensional consiste basicamente em se desenvolver modelos virtuais a partir de objetos já existentes fisicamente. A necessidade de criação destes modelos pode ter causas variadas, tendo em vista que a técnica tem aplicações em diferentes áreas do conhecimento. Com o processo de digitalização tridimensional, obtém-se com grande precisão detalhes de superfícies, texturas e objetos. Através dos modelos em três dimensões (3D) digitalizados podem ser realizadas análises de superfície, medidas de desgaste e construção de moldes (KINDLEIN *et al*, 2006).

Segundo TYMMS *et al*, (2018), o escaneamento tridimensional a laser é o único método para obtenção de texturas do qual se obtém a textura tátil de um elemento, tal qual a percebemos na natureza.

Diversos sistemas de digitalização estão disponíveis sendo divididos em: sistemas com contato e sistemas sem contato com a forma. Os sistemas baseados em contato são normalmente bastante úteis para formas simples, onde poucos pontos são necessários e são os do tipo Braço Mecânico, Triangulação Ultrassônica, Triangulação Eletromagnética, Apalpamento em Máquina de Fresamento e Apalpamento em Máquinas de Medição por Coordenadas (ABDEL *et al*, 2011)

3.5 TOMOGRAFIA COMPUTADORIZADA

A tomografia computadorizada é um processo de digitalização com raios-X de grande intensidade e permite a obtenção de coordenadas de superfícies exteriores e interiores da forma. A tomografia vem sendo largamente utilizada na medicina e na biomecânica, na obtenção de imagens no interior do corpo humano que podem ser processadas para a obtenção de modelos tridimensionais para próteses ou implantes (SUPRIJANTO *et al*, 2015).

A aquisição de imagens a partir de uma tomografia computadorizada helicoidal fornece uma sequência de seções transversais da região de interesse. Utilizando um programa de reconstrução 3D é possível transformar essas imagens bidimensionais em um modelo tridimensional, que poderá ser utilizado na fabricação de um modelo em uma máquina de prototipagem rápida. As imagens no tomógrafo

são obtidas através de cortes axiais na região desejada e o equipamento deve estar ajustado para a menor espessura possível, pois quanto menor esse valor melhor será a qualidade do modelo (BARROS *et al*, 2016).

3.6 SOFTWARE

A primeira etapa para a impressão de um modelo que será utilizado para guiar cirurgias é a tomada de impressão digital usando a digitalização óptica. Os procedimentos ópticos permitem uma rápida digitalização, livre de radiações e uma aquisição precisa do modelo facial. A digitalização pode ser repetida a qualquer momento e entrega uma malha de superfície 3D detalhada que pode ser usada para todos estágios subsequentes. Dentro de um fluxo de trabalho, uma das ferramentas de análise facial possível de se utilizar é com base em um *software* baseado nas bibliotecas de livre acesso, um dos exemplos utilizados é o *software* VTK (*Virtual Toolkit*) (HIERL *et al*, 2013).

Atualmente, os esforços são direcionados para o desenvolvimento de Tomografias Computadorizadas altamente sofisticada, *hardware* de computação gráfica e *software* de processamento de imagem capaz de reproduzir com a maior precisão possível a anatomia através de modelos para facilitar o posicionamento ósseo 3D pré-operatório necessário para a obtenção de locais específicos de implantes no paciente. Ele habilita todos os pontos cefalométricos, anotações, como medir distâncias e ângulos, criação de planos, espelhamento e assim por diante. Depois de avaliar a varredura facial, a malha da superfície do projeto em 3D é ajustada para a forma desejada (YATABE *et al*, 2019).

Isso pode ser realizado usando *softwares* de scanner, como por exemplo: *3D-Mirror*, *Canfield Imaging Systems*, *Fairfield*, ou um *software* industrial para desenvolvimento automotivo ou aeroespacial como por exemplo: *Catia*, *Dassault Systems*. Nas próximas etapa é uma comparação da cirurgia virtual com o pré-operatório dados. Todas as mudanças podem ser visualizadas e avaliada usando um mapa de distância codificado por cores entre conjuntos de dados (HIERL *et al*, 2013).

Além disso, a forma e o tamanho das diferenças podem ser usados para selecionar um implante apropriado. Assim que os resultados da cirurgia virtual forem aceitos, os modelos podem ser projetados e construído usando prototipagem rápida. Esses modelos agem como um guia durante a cirurgia (OWUSU *et al.*, 2013)

Após a cirurgia, o paciente é examinado novamente para comparar o resultado com o pré-operatório e virtual dados da cirurgia. Esses modelos são fáceis de construir e construir usando métodos de prototipagem mais rápidos. Em um fluxo de trabalho, modelagem de deposição fundida com acrilonitrilbutadieno-estireno, um plástico rígido durável que pode ser esterilizado, é usado. Os modelos são esterilizados e transferido para a sala de cirurgia e auxiliar durante cirurgia. Além disso, as mudanças nos resultados podem ser simplesmente verificadas colocando o modelo durante o paciente consultas (HIERL *et al.* 2013).

Usando o *software* adequado a cirurgia é simulada em uma estação de trabalho de computador. As osteotomias fibular e maxilar ou mandibular são transferidas para um instrumento de prototipagem rápida e um *stent* guia é construído para permitir para a colocação precisa de osteotomias, o qual deverá ser previamente esterilizado para o uso dentro da cirurgia (BELL, 2010).

3.7 PLANEJAMENTO DIGITAL *VERSUS* ANALÓGICO

MIRANDA *et al.* (2020) constataram que a reconstrução mandibular é uma tarefa desafiadora na cirurgia reconstrutiva de cabeça e pescoço, e que visa alcançar os melhores possíveis resultados funcionais e estéticos, por isso, constantemente é feito comparações entre o planejamento analógico e o digital, visando um tratamento mais simplificado, mais resultados mais previsíveis e satisfatórios.

A técnica fíbula *flap* é recorrentemente a mais empregada dentre os pacientes que são acometidos por casos de: ameloblastoma, osteosarcomas, osteorradiocrose e dentre outros tipos de lesões. (OTERI *et al.*, 2012). Desde então, o retalho fibular livre tornou-se o melhor retalho para a reconstrução combinada da mandíbula e da maxila, pois é confiável e versátil. Ao usar técnicas de

impressão 3D e dobrar as placas de reconstrução, o desafio da demorada remodelação óssea pode ser otimizado, se utilizado o planejamento virtual e procedimentos guiados com placas fresadas específicas do paciente. Isso pode reduzir o tempo de operação consideravelmente, enquanto mantém os custos aumentados em um nível aceitável, no entanto, que fornece um resultado previsível (ZWEIFEL *et al*, 2018).

FOLEY *et al*, (2013) analisaram que os quatro princípios básicos de uma reconstrução bem-sucedida são: O estabelecimento de uma relação ortognática ideal, o contato do osso com o enxerto ou retalho, uma fixação óssea estável e um tecido ósseo bem vascularizado cobertura. Embora estes os princípios cirúrgicos não mudaram ao longo dos anos, a tecnologia mudou a maneira como os resultados cirúrgicos são obtidos.

Em 2016, KOKOSIS *et al*, demonstraram a utilidade de retalhos fibulares vascularizados para reconstrução mandibular. Desde então, o retalho da fíbula tornou-se um tecido ósseo altamente confiável e popular para uso de uma reconstrução mandibular oferecendo inúmeras vantagens, incluindo comprimento do pedículo longo, diâmetro amplo do vaso e a capacidade de incorporar componentes da pele, músculos e ossos, que são necessários para a reconstrução mandibular.

Com base nos dados obtidos através do escaneamento 3D, podemos simular a ressecção do osso mandibular, segmento e modelagem do retalho fibular e transferência do planejamento virtual para modelos pré-operatórios. A pré-dobragem da placa de titânio foi possível graças o modelo já impresso. Estas técnicas ajudam os cirurgiões a atingirem a posição quase perfeita dos segmentos de retalho fibular (REN *et al*, 2018).

A cirurgia assistida por computador está se tornando cada vez mais popular no campo da cirurgia oral e maxilofacial. No passado, a posição tridimensional (3D) do retalho livre da fíbula era muito difícil de controlar, pois a operação era baseada exclusivamente na experiência do cirurgião. Assim, tais operações ocasionalmente resultavam em oclusão e aparência insatisfatórias. No entanto, com a aplicação da tecnologia virtual, as reconstruções mandibulares estão se tornando cada vez mais precisas (PENG *et al*, 2016)

Uma das primeiras dessas tecnologias utilizadas para a reconstrução mandibular foi o desenho auxiliado por computador (CAD). CAD pode ser usado

para marcar linhas de osteotomia e calcular os comprimentos e ângulos dos segmentos ósseos da fíbula simulando o processo operatório. Logo depois, CAM auxiliado por computador fabricação e a prototipagem rápida, que foram introduzidas na última década, melhoraram a precisão da reconstrução. Ao mesmo tempo, tornou-se possível importar dados virtuais para um sistema de navegação, que servia para fornecer orientações para a colocação precisa e segura de enxertos ósseos, movimento de segmentos ósseos, ressecção de tumor e desenhos de osteotomias (XIN *et al*, 2016).

O planejamento cirúrgico desse nível geralmente envolve pacientes acometidos por tumores malignos, uma etapa em que, virtualmente, é possível analisar e o arcabouço de um paciente acometido por tumores malignos onde comumente há expansão e destruição de corticais vestibulares e lingual, e a partir do exame de imagem (TC), realiza-se a confecção de um biomodelo da mandíbula do paciente e, a partir dos achados clínicos e imagiológicos, tendo como o plano de tratamento realizar a fixação de uma placa de reconstrução bilateral. Após a realização da fixação da placa é realizada a remoção do segmento patológico com margem de segurança de 1,5 cm em cada extremo da lesão (MORAWSKI *et al*, 2016).

O procedimento em CAD/CAM deverá orientar o cirurgião no posicionamento correto do osso residual e retalho da fíbula na reconstrução mandibular secundária. Dados de tomografia computadorizada que representam a situação atual do paciente são elaborados e comparados com a tomografia computadorizada dados obtidos antes da cirurgia primária para remoção do câncer para produzir um plano cirúrgico virtual. Um guia cirúrgico é projetado para ajudar o reposicionamento dos segmentos mandibulares em suas origens locais, e uma placa óssea de reconstrução é fornecida para apoiar o retalho livre da fíbula (CIOCCA *et al*, 2012).

Segmentos da fíbula são colocados para garantir cobertura suficiente e suporte ósseo para osseointegração dos implantes. Para garantir a colocação dos implantes nas posições planejadas, há perfurações cilíndricas que são projetadas e posteriormente integradas nas guias de ressecção da fíbula (SEIER *et al*, 2020).

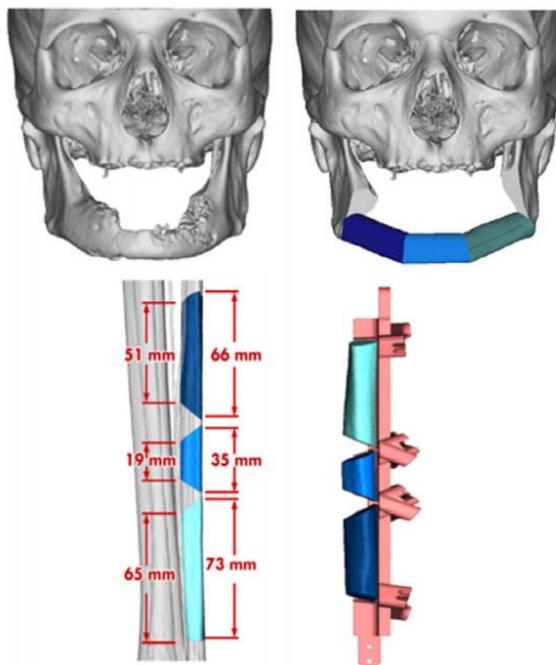


Figura 3: Planejamento virtual para reconstrução mandibular pós-mandibulectomia para ressecção de lesão maligna, incluindo guia de corte para fíbula. (KAKARALA, 2017).

O uso de implantes não personalizados frequentemente está associado com um resultado menos preciso e previsível também como um tempo maior necessário para a operação. Além disso, o modelo planejado e o design auxiliado por computador/*software* também contribuiu dramaticamente para uma importante melhoria na estratégia de cirurgia reconstrutiva óssea, especialmente no que diz respeito à previsibilidade pré-operatória do reposicionamento ósseo virtual e ideal para correção de malformações (SCOLOZZI, 2011).

O uso de um tecido ósseo vascularizado na reconstrução secundária permite a restauração superior de articulação, deglutição e mastigação; melhora a estética da aparência facial e melhora da qualidade de vida do paciente em comparação com alternativas não vascularizadas (KUMAR *et al*, 2016).

Para a grande maioria dos pacientes, a fixação da placa de titânio fará parte do plano reconstrutivo. Atualmente, a fixação rígida é mais frequentemente alcançada com uma única placa de reconstrução de titânio. Miniplacas de titânio também podem ser usadas dependendo da experiência e preferência do cirurgião com equivalente resultados. Quando a mandíbula pode ser previamente manipulada

antes da ressecção mandibular, uma placa de reconstrução que abrange o defeito pode ser usada para restaurar a oclusão pré-mórbida e o contorno mandibular daquele paciente. O osso utilizado pode então ser modelado com osteotomias para se conformar a essa placa e fixada com implantes (KAKARALA *et al*, 2017).

Como outra alternativa ao uso de placas de titânio, foi observado por HOU *et al*, (2012) que a malha de titânio personalizada também pode ser um artifício que facilite a cirurgia reconstrutiva mandibular. Sendo mais viável para reconstruções de casos difíceis com defeitos mandibulares extensos.

Embora a forma analógica também ofereça resultados favoráveis sendo realizada por um cirurgião com uma vasta experiência clínica, muitos cirurgiões consideram a técnica de fíbula flap o mais desafiador por conta dos ajustes necessários para se adequar corretamente ao contorno mandibular do paciente, e também um processo cirúrgico demorado (CARDOSO *et al*, 2011).

A cirurgia baseada na experiência é menos precisa e sujeito a erro humano. O planejamento não auxiliado por computador não atingiu os resultados de reconstrução ideais e não forneceu um controle 3D do procedimento. Assim, a oclusão ainda não pôde ser restaurada de forma otimizada. Já o planejamento auxiliado por computador com o uso de um modelo de prototipagem rápida pode melhorar a precisão das osteotomias ósseas e otimizar a neoformação óssea com o auxílio de placas pré-dobradas, isto também pode melhorar a eficiência geral do processo reconstrutivo e encurtar tanto a isquemia quanto os tempos operatórios (ZHAO *et al*, 2012).

Em casos onde foram executadas técnicas com enxerto da fíbula sem o auxílio de um sistema digital de planejamento, foi constatado através de tomografias pós-operatórias que os resultados obtidos eram ruins em relação ao: Contato entre a placa curvada durante o ato cirúrgico, mandíbula e segmentos da fíbula, contato osso a osso, e um posicionamento anormal do côndilo (YOSHIMURA *et al*, 2017).

A reconstrução com sistemas CAD/CAM fornece uma relação de placa óssea adequada permitindo o restabelecimento da oclusão cêntrica correta. Embora o reposicionamento condilar não seja idêntico ao nativo devido à contratura da cicatriz que impedia o perfeito reposicionamento do ramo mandibular no centro da fossa articular, é visto que um bom resultado funcional é obtido após 3 semanas pós-operatórias (CIOCCA *et al*, 2012).

RUTGER *et al* (2015), apuraram que o uso de uma guia de reconstrução CAD/CAM específica para o paciente que auxilie o posicionamento dos segmentos de fíbula, podem ser preparadas em conjunto com implantes dentários antes da segmentação. O que permite que ambas as etapas sejam combinadas em um procedimento cirúrgico de uma forma precisa, visando possibilitar a instalação destes implantes dentários na fíbula antes mesmo da sua segmentação.

Já na visão de SEIER *et al* (2020) acreditam que o planejamento virtual utilizado de forma correta pode ajudar na reabilitação dentária com mais facilidade e agilidade, tornando possível realizá-la dentro de um ano após a cirurgia reconstrutiva.

É importante salientar que o sucesso ou fracasso do reparo mandibular com reconstrução placas depende de fatores mecânicos e biológicos. Fatores biológicos incluem a idade do paciente, fumo ou álcool ingestão e uso de radioterapia (MEURER *et al*, 2010).

O planejamento cirúrgico virtual promove uma comunicação multidisciplinar em ambientes hospitalares e fornece um planejamento pré-cirúrgico preciso. Possibilita uma reconstrução perfeita em pacientes que necessitam de uma reconstrução mandibular via enxerto de fíbula. Esta tecnologia se apresenta mais útil em casos que envolvem reconstruções de grandes defeitos mandibulares, exigindo grandes placas de reconstrução e múltiplas osteotomias fibulares (SINK *et al*. 2012).

4. METODOLOGIA

O presente estudo expõe uma revisão de literatura realizada entre janeiro e novembro de 2020 através de um levantamento de artigos científicos nas bases de dados EBSCO e MEDLINE e nos portais eletrônicos PubMed e SciELO. Foram utilizados os seguintes descritores e seus respectivos operadores booleanos: *CAD/CAM Maxillofacial AND Mandibular Reconstruction AND Techniques AND Virtual Planning*.

O período de abrangência do estudo foi restrito à literatura publicada no período compreendido entre janeiro de 2010 até outubro de 2020, sendo encontradas inicialmente 73 publicações. Para a seleção dos estudos, foram considerados como critérios de inclusão: artigos na língua inglesa, que abordassem exclusivamente cirurgias de reconstrução óssea mandibular que envolvessem o tratamento de lesões benignas ou malignas, com o auxílio do CAD/CAM para planejamento e execução da técnica cirúrgica.

Após a leitura do título e do resumo, 56 das 73 publicações foram desconsideradas por não atenderem aos critérios de inclusão e também por não consistirem de abordagens sobre a reconstrução óssea mandibular em conjunto com o sistema CAD/CAM. Dado isso, 17 artigos foram selecionados para a leitura na íntegra. Todas as publicações lidas na íntegra foram consideradas aptas para compor esta revisão de literatura.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir da metodologia proposta, dezessete artigos foram incluídos na presente revisão, sendo: treze séries de casos, três relatos de caso e uma revisão de literatura. Os estudos incluídos e seus principais achados podem ser visualizados nas tabelas. os artigos foram separados de acordo com o tipo de estudo...

Na tabela 1, podem ser verificados as vantagens que o sistema CAD/CAM proporciona quando comparado à uma técnica cirúrgica analógica.

Na tabela 2, são mostrados artigos científicos classificados como séries de casos, onde foi incluído também uma revisão de literatura como complemento. Sendo possível identificar o autor, ano de publicação, características de cada artigo e identificar os principais achados de acordo com o trabalho desenvolvido.

Na tabela 3, são demonstrados relatos de casos, contendo informações à cerca do autor, ano de publicação e seus principais achados.

Tabela 1 – Breve comparação entre procedimentos cirúrgicos realizados de forma analógica e com auxílio do CAD/CAM.

| AUTOR, ANO | CAD/CAM | ANALÓGICO |
|---------------------------|--|---|
| CARDOSO, 2011. | Técnicas cirúrgicas que auxiliam o planejamento, guiando cirurgiões, ainda que menos experientes, para a obtenção de melhores resultados cirúrgicos. | Procedimentos cirúrgicos se tornam diretamente dependentes da experiência do cirurgião responsável. |
| ZHAO <i>et al</i> , 2012. | Processo cirúrgico mais rápido e preciso de acordo com o planejamento feito previamente | Processo mais prolongado e delicado, sendo necessário ajustes durante todo o ato cirúrgico. |
| VELASCO, 2017. | Menor tempo de internação, diminuindo gastos de estadia hospitalar. | Maior tempo de internação do paciente, aumentando os custos hospitalares. |

Tabela 2 - Principais achados dentro dos estudos bibliográficos – Séries de Casos.

| AUTORES | ANO | CARACTERISTICAS DO ESTUDO | PRINCIPAIS ACHADOS |
|-----------------------|------|--|--|
| ANTHONY <i>et al.</i> | 2011 | Estudo realizado com 10 pacientes submetidos, ao longo de um período de 6 meses, à ressecção mandibular seguida da reconstrução com uso da fíbula. | Os segmentos fibulares resultaram em uma excelente posição. Ajustes mínimos são necessários na inserção. A sobrevivência do retalho foi de 100% dentre cinco pacientes. Sem presença de complicações na cicatrização. Todos os pacientes alcançaram uma oclusão balanceada no pós-operatório e um contorno mandibular simétrico no estudo tomográfico, tridimensional e exame clínico, evidenciando a previsibilidade do tratamento. |
| HOU <i>et al.</i> | 2012 | Estudo realizado com 15 pacientes que foram acometidos por ameloblastomas | Imagens tridimensionais de uma TC convertidas em um modelo virtual usando CAD, e através de um software foram gerados protótipos onde foi possível planejar osteotomias e a substituição do segmento ósseo com uma modelagem da tela de titânio no pré-operatório. Sendo assim, é observado que o retalho fibular associado à uma malha de titânio personalizada também pode ser uma alternativa que facilita a cirurgia reconstrutiva mandibular, tornando-se um método viável para reconstruções de casos difíceis com defeitos mandibulares extensos. |

| | | | |
|-------------------------|------|---|---|
| SINK <i>et al</i> | 2012 | Oito pacientes, com idades entre 17 e 72 anos, tratados entre novembro de 2009 e janeiro de 2011 foram revisados. Cirurgias realizadas entre novembro de 2009 e janeiro de 2011 foram revisados. Cirurgias realizadas através de um planejamento virtual pré-cirúrgico. | Casos que envolvem comprometimento mandibular de pequenos defeitos em relação ao comprimento são menos propensos a se beneficiar significativamente desta tecnologia. Guias de corte para a mandíbula e fíbula não necessariamente precisa ser fixado ao osso com parafusos. Uma pinça braçadeira de osso pode efetivamente estabilizar a guia ao osso de modo que os cortes possam ser feito com precisão. Isso resulta em economia de tempo em comparação aos casos onde os furos são realizados e fixados temporariamente na mandíbula ou na fíbula para fixar o guia de corte. |
| TARSITANO <i>et al.</i> | 2014 | Estudo realizado com 18 pacientes acometidos por neoplasias. | Acredita-se que o retalho fibular seja o tecido reconstrutivo recomendado quando o defeito ultrapassa dois segmentos mandibulares, considerando também que a fíbula demonstrou uma sobrevida de 100% dos casos quando associada corretamente à técnica CAD/CAM. |
| RUSTMEYER <i>et al.</i> | 2015 | Foi realizado estudo com 20 pacientes que foram acometidos por lesões unilaterais, submetidos a reconstrução óssea mandibular com enxerto ósseo da fíbula. | Através do planejamento virtual foi possível utilizar a geometria da mandíbula e espelhar o ângulo ósseo para determinar o posicionamento funcional ideal. |

| | | | |
|-------------------------|------|---|---|
| RUTGER <i>et al.</i> | 2015 | Sete pacientes consecutivos foram analisados retrospectivamente em relação à precisão 3D dos enxertos de fíbula e implantes dentários. | O uso de uma guia de reconstrução CAD/CAM específica para o paciente pôde auxiliar o posicionamento dos segmentos de fíbula em conjunto com implantes dentários antes da segmentação, permitindo que ambas as etapas sejam combinadas em um procedimento cirúrgico de forma precisa. Consequentemente, permitindo a colocação de implantes dentários na fíbula antes da segmentação e obtenção do enxerto, resultando na instalação imediata do implante, e aumentando chances de uma reabilitação protética funcional. |
| KARIAINEN <i>et al.</i> | 2016 | Foi realizado um estudo com 15 pacientes submetidos à reconstrução mandibular com retalho fibular no período de 2012 a 2014. | O planejamento virtual pré-operatório tridimensional auxiliado por computador permitiu um planejamento preciso da ressecção do tumor e tamanho do retalho da fíbula. Também foi possível definir as osteotomias necessárias e confecção de cortes personalizados guiados. A modelagem fibular é mais fácil e rápida, o que pode diminuir o tempo de isquemia e tempo operatório total. A colocação exata do retalho no defeito pôde facilitar a restauração da forma anatômica até o processo de reparo ósseo. |
| VELASCO <i>et al.</i> | 2017 | Três pacientes com tumores benignos da mandíbula foram incluídos neste estudo e realizados protótipos para o planejamento pré-operatório. | O sistema CAD/CAM pôde contribuir na orientação dos pacientes e auxiliá-lo em um melhor entendimento de sua condição e tratamento cirúrgico proposto. Também pode ajudar os cirurgiões no planejamento pré-operatório da ressecção como guias cirúrgicos, e em casos de reconstrução, representam uma excelente ferramenta no ambiente |

| | | | |
|-------------------|------|--|--|
| | | | acadêmico para o treinamento de residentes. A pré-flexão da placa de reconstrução com base em protótipos, resultou em redução do tempo de cirurgia, custo e riscos anestésicos para os pacientes. |
| YU et al. | 2018 | Avaliação retrospectiva de 29 casos de pacientes acometidos por lesões benignas, para os quais foi realizada uma reconstrução mandibular unilateral com retalho de fíbula. | Em casos de reconstruções extensas, o CAD torna possível sobrepor a imagem da fíbula em 3D no defeito mandibular com uma orientação desejada pelo cirurgião. E em casos onde o contorno da mandíbula foi destruído pelo tumor, ferramentas de espelhamento podem ser utilizadas para ajudar na resolução do planejamento cirúrgico. O CAD também pode orientar a remodelação do ângulo mandibular e o posicionamento ideal do côndilo. Assim, a navegação cirúrgica pode aumentar a precisão da reconstrução sem que haja necessidade de prolongar o tempo operatório. |
| REN <i>et al.</i> | 2018 | Estudo envolvendo 15 pacientes operados em um espaço de tempo de 3 anos com o uso do retalho fibular. Os diagnósticos incluíam: ameloblastoma, tumor odontogênico queratocístico, fibroma ossificante e carcinoma espinocelular. | O planejamento virtual e a modelagem da impressão 3D têm o potencial de aumentar a precisão da reconstrução mandibular e reduzir o tempo cirúrgico. Dentro deste estudo foram divididos dois grupos, um grupo que realizava a cirurgia e planejamento de forma analógica, e outro com o auxílio do CAD/CAM. Assim foi constatado que a equipe que foi assistida pelo computador obteve uma vantagem de 50% em relação ao tempo de planejamento e cirurgia. |

| | | | |
|------------------------|------|---|--|
| BOUCHET <i>et al.</i> | 2018 | Foi realizado um estudo retrospectivo de 25 casos de reconstrução mandibular unilateral e dividido em dois grupos, utilizando CAD/CAM (12 pacientes) e a abordagem convencional (13 pacientes). | Foi relatado uma melhora nos movimentos de abertura bucal, movimentos de lateralidade e protrusão da mandíbula pareceram ter melhorado em pacientes do grupo CAD/CAM, mas não tão discrepante. A qualidade de vida, força da mordida, capacidade mastigatória, satisfação em comer, mastigar, e aparência não diferem significativamente nos dois grupos. |
| ALDAADAA <i>et al.</i> | 2018 | Através de pesquisas bibliográficas iniciais, foram selecionados um total de 26 artigos científicos para compor esta revisão de literatura. | Há possibilidades em que as superfícies em contato com o osso precisem ser bem ajustadas para garantir um novo crescimento ósseo, para isso o planejamento virtual em CAD/CAM é associado a um protótipo que irá estabelecer as dimensões corretas para a personalização precisa de placas ou malhas de titânio, desta forma elevando taxas de sucessos da utilização deste sistema relacionado aos retalho fibulares de acordo com cada caso. |
| ZWEIFEL <i>et al</i> | 2019 | Foi realizado estudos em 8 pacientes com reconstruções fibulares pré-planejadas da mandíbula com implantes incorporados no planejamento. | O CAD/CAM pode fornecer um planejamento preciso para o uso de guias de corte na região da fíbula. A precisão constatada no estudo é comparável à de implantes guiados. No geral, é mostrado um alto nível de precisão em todos os seccionamentos do osso fibular o qual será posicionado em placas de titânio para reconstruções ósseas mandibulares. |

| | | | |
|---------------------|------|---|--|
| SEIER <i>et al.</i> | 2020 | Foram incluídos ao estudo 21 pacientes submetidos à cirurgia reconstrutiva com retalho de fíbula em um período de 3 anos. | Para o estabelecimento do resultado funcional ideal, o osso fibular deve ser posicionado de acordo com as posições ideais planejadas com o CAD/CAM. O resultado final deve visar não apenas ao antigo contorno ósseo mandibular, mas também integrar implantes dentários dentro do sistema reconstrutivo. Foi constatado que o planejamento correto pode ajudar na reabilitação dentária com mais facilidade, tornando possível realizá-la dentro de um ano após a cirurgia reconstrutiva. |
|---------------------|------|---|--|

Tabela 3 - Principais achados dentro dos estudos bibliográficos – Relato de Caso.

| AUTORES | ANO | CARACTERÍSTICAS DO ESTUDO | PRINCIPAIS ACHADOS |
|-----------------------|------|---|---|
| <i>CIOCCA et al.</i> | 2012 | Paciente de 61 anos, submetido a reconstrução mandibular utilizando retalho de fíbula e planejamento através de tecnologia CAD/CAM. | O planejamento virtual de um guia para reconstrução mandibular fabricada usando laser de metal permite a restauração da função mandibular do paciente e do contorno mandibular nativo, fornecendo ao cirurgião, um melhor controle do procedimento, reduzindo tempos e custos importantes. |
| <i>WILDE et al.</i> | 2014 | Caso realizado com paciente de 49 anos, acometido por uma lesão maligna bilateral e utilizado enxerto autógeno da região de fíbula com CAD/CAM. | Foi observado que o posicionamento da guia de corte na fíbula gerados por CAD/CAM era mais difícil. Isso pode ser explicado através da fixação de tecidos moles (periósteo, conectivo e tecido muscular) e o formato da fíbula, que se apresenta como um osso reto e sem bordas proeminentes, dificultando o posicionamento da guia. |
| <i>MOTTINI et al.</i> | 2016 | Estudo realizado com paciente de 53 anos que foi acometido por uma lesão maligna unilateral onde foi utilizado o retalho fibular | Dentre os princípios básicos de uma reconstrução mandibular de sucesso pôde ser idealizado que um estabelecimento de uma relação ortognática funcional é fundamental, sendo necessário um adequado contato entre osso e enxerto, uma fixação óssea estável e bem vascularizada e a cobertura de tecidos moles. Para atingir esses objetivos, o planejamento |

| | | | |
|--|--|---|--|
| | | como enxerto para resolução do caso com auxílio do sistema digital CAD/CAM. | cirúrgico virtual é fundamental, o que permite aos cirurgiões visualizar a situação do paciente e realizar guias de corte. |
|--|--|---|--|

Cirurgias guiadas por um planejamento digital se comprovaram mais efetivas e precisas, oferecendo um planejamento prévio facilitado e mais assertivo, diminuindo as chances de falhas, distorções e o tempo transoperatório, bem como eliminando a necessidade de modelagem de placas de titânio durante o ato cirúrgico, o que consequentemente proporciona um pós-operatório consideravelmente mais confortável tanto fisicamente quanto esteticamente ao paciente. Desta forma, tal planejamento é capaz de oferecer também diversas oportunidades de melhor execução da cirurgia, inclusive a profissionais menos experientes e ainda em curva de aprendizado, o que pode reduzir as taxas de complicações e proporcionar maior segurança ao procedimento (CARDOSO *et al*, 2011; ZHAO *et al*, 2012).

A técnica mais utilizada é a do retalho de fíbula, conhecida como “*Fibula Flap*”, que apresenta diversas vantagens que incluem o comprimento do pedículo longo, um diâmetro amplo de vasos sanguíneos e a capacidade de incorporar componentes da pele, músculos e ossos, que são necessários para a reconstrução mandibular e no fim oferecer um resultado estético satisfatório. No entanto, este não é o único sítio doador disponível, já que outra alternativa viável de sítio doador seria a crista ilíaca, a qual, contudo, é menos empregada quando comparada ao tecido ósseo fibular (KOKOSIS *et al*, 2016).

Atualmente existe um fator que proporciona uma vantagem ao sistema digital quando comparado ao método analógico. O uso de tecnologias de navegação e planejamento pode reduzir o tempo operatório, o que implica em benefícios como: redução da perda sanguínea durante o ato cirúrgico, capacidade de modelagem prévia de placas e malhas permitindo uma melhor adaptação ao tecido ósseo, diminuindo a necessidade ou quantidade de ajustes durante a cirurgia. Todos estes fatores visam melhorar o processo de cicatrização e reduzir o tempo necessário para reparo ósseo e para uma futura reabilitação com implantes dentários no futuro, com estudos relatando a instalação destes implantes logo após 1 ano da cirurgia reconstrutiva (SEIER *et al*, 2020; ALDAADAA *et al*, 2018).

A escolha do retalho fibular como o principal enxerto utilizado consiste no fato do retalho apresentar uma rica microvascularização, o que pode proporcionar uma melhor nutrição dos tecidos ósseos adjacentes como também tecidos moles periféricos, facilitando a cicatrização e elevando efetivamente as suas taxas de

sucesso dentro de um tratamento reconstrutivo. Por este mesmo motivo, pode-se considerar a utilização de enxertos da crista ilíaca e da escápula. No entanto, o método CAD/CAM pode guiar com mais facilidade a remoção e osteotomia precisa do enxerto fibular por conta do seu comprimento, sendo possível que o cirurgião segmente parte do tecido ósseo a fim de criar um ângulo, o qual será adequado de forma personalizada de acordo com a necessidade do paciente (KUMAR *et al.* 2016; KOKOSIS *et al.*, 2016).

A determinação das precisas indicações desta tecnologia e a resolução das dificuldades e limitações encontradas poderão contribuir para a inserção desses tratamentos entre os procedimentos de diagnóstico terapêuticos subsidiados pelo SUS (Sistema Único de Saúde), o que pode impactar diretamente na quantidade de cirurgias realizadas e uma maior agilidade e quantidade de tratamentos executados, contemplando um número maior de pacientes.

Com a evolução da tecnologia, é comum que sejam observados preços que antes eram inacessíveis, tornarem-se mais econômicos com a comercialização e patenteamento de empresas que visam tornar a impressoras 3D mais baratas e utilizadas para diversas áreas. O uso de um protótipo rápido criado por uma impressora 3D de mesa torna-se um aparelho econômico, rápido e fácil de produzir os modelos requeridos para o planejamento de cirurgia reconstrutiva, oferecendo a oportunidade do cirurgião ter uma visualização prévia da situação que ele irá operar (VELASCO *et al.*, 2017).

Dado que esta tecnologia é relativamente nova, a exploração e a adoção dessas técnicas requerem uma consideração cuidadosa e justificada. Uma primeira pergunta razoável é: “Esta é a tecnologia mais adequada para cirurgiões inexperientes?” Portanto não se deve buscar usar esta tecnologia como um substituto para a experiência (SINK *et al.*, 2012).

Apesar de todas as vantagens oferecidas através do sistema CAD/CAM, é possível afirmar que o planejamento virtual sem dúvidas é um aliado para a obtenção de melhores resultados cirúrgicos. Contudo, este é um recurso que não substitui uma adequada execução da técnica operatória convencional e que deve vir a somar junto ao cirurgião, possivelmente proporcionando melhores resultados, mas que também pode sofrer interferência de acordo com o manejo cirúrgico e a experiência do cirurgião em tratar casos com estas complexidades.

Com base neste desenvolvimento, faz-se necessário o aprimoramento do profissional, para a utilização de recursos e tecnologias que aprimorem seus resultados e proporcionem benefício aos pacientes.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Através do presente trabalho, conclui-se que o sistema CAD/CAM se apresenta como uma excelente alternativa aos profissionais da área odontológica hospitalar, uma vez que é capaz de auxiliar reconstruções ósseas em alta performance operatória. A prototipagem explorada dentro deste modelo de tratamento implica em uma precisão maior e assertividade da técnica cirúrgica, aumentando consideravelmente as taxas de sucesso.

Para que pacientes acometidos por lesões mandibulares possam ser beneficiados com esta tecnologia, existe a necessidade de investimentos em pesquisas e na formação de recursos humanos. Se antes o alto custo da cirurgia guiada apresentava altos custos ao paciente, hoje esse obstáculo foi contornado a partir do momento em que tomografias, *scanners* e impressoras 3D se tornaram mais acessíveis.

Essa modalidade de tratamento, também pode beneficiar grande parte da população que depende da saúde pública, uma técnica mais ágil de tratamento pode proporcionar mais agilidade nos atendimentos, conseqüentemente, abrangendo um maior número de pessoas e reduzindo o tempo de espera.

REFERÊNCIAS

ANTONY, AK *et al*; Use of virtual surgery and stereolithography-guided osteotomy for mandibular Reconstruction with the free fibula. **Plast Reconstr Surg**. 2011 Nov;128(5):1080-4.

LIVESU, M *et al*; From 3D models to 3D prints: an overview of the processing pipeline. **Computer Graphics Forum**, Wiley, 2017; 36 (2), ff10.1111.

ALDAADAA, OWJI; Three-dimensional Printing in Maxillofacial Surgery: Hype versus Reality; **Journal of Tissue Engineering; Volume 9**: 1–5; (2018).

BAGHERI, A; JIN, J; Photopolymerization in 3D Printing; **ACS Appl. Polym. Mater**. 2019, 1, 4, 593–611 Publication Date: February 20, 2019.

BARROS, AWP *et al*; Steps for biomodel acquisition through additive manufacturing for health. **RGO, Rev. Gaúch. Odontol.**, Campinas, v. 64, n. 4, p. 442-446, Dec. 2016.

BELL, RB; Computer Planning and Intraoperative Navigation in CranioMaxillofacial Surgery; **Oral Maxillofacial Surg Clin N Am** 22 (2010) 135–156.

BOUCHET *et al*; Functional and morphologic outcomes of CAD/CAM-assisted versus conventional microvascular fibular free flap reconstruction of the mandible: A retrospective study of 25 cases. **J Stomatol Oral Maxillofac Surg**. 2018 Dec;119(6):455-460.

CALDRONEY, SJ, BOURELL, L, LEVINE, J, HIRSCH, DL; CAD/CAM Virtual Surgery: A Comprehensive Review of Its Use in Various Applications in the Field of Oral and Maxillofacial Surgery. **J. Oral Maxillofac Surg** 2012;70(9):89-90.

CAMARGO, MANETTI, ZECZKOWSKI; Sistemas CAD/CAM e suas aplicações na Odontologia: Revisão de Literatura; **Revista UNINGÁ ISSN 2318-0579**; (2018).

CARDOSO, SBALCHIERO, BATISTA, BARROS; Use of fibular osteocutaneous flaps in microsurgical reconstruction of complex mandibular defects; **Rev. Bras. Cir. Plást.** 2011; 26(1): 42-7.

CIOCCA, MAZZONI, FANTINI, PERSIANI; CAD/CAM guided secondary mandibular reconstruction of a discontinuity defect after ablative cancer surgery; **Journal of Cranio-Maxillo-Facial Surgery** 40 (2012).

COLOMBO G, FACOETTI G, RIZZI C; A digital patient for computer-aided prosthesis design. **Interface Focus.** 2013;3(2):20120082.

CORREIA *et al*; CAD-CAM: a informática a serviço da prótese; **Revista de Odontologia da UNESP** 2006;35(2):183-89.

FREITAS, S.A.P. *et al.*, Uso da prototipagem biomédica na odontologia. **Odontol. Clín. Cient.**, v.9, n.3, p. 223-227, jul./set. 2010.

GATENO, J *et al*; The precision of computer-generated surgical splints; **J. Oral Maxillofac Surg**; 2003;61(7):814-7.

HIERL, ARNOLD, KRUBER; CAD-CAM–Assisted Esthetic Facial Surgery; **J Oral Maxillofac Surg** 71: e15-e23 (2013).

HOU, CHEN, BIN-PAN; Application of CAD/CAM-assisted technique with surgical treatment in reconstruction of the mandible; **Journal of Cranio-Maxillo-Facial Surgery** 40 (2012).

KAARIANEN *et al*; Utilization of Three-Dimensional Computer-Aided Preoperative Virtual Planning and Manufacturing in Maxillary and Mandibular Reconstruction with a Microvascular Fibula Flap; **J Reconstr Microsurg.** 2016 Feb;32(2):137-41. Epub 2015 Sep 18.

KAKARALA, K., SHNAYDER, Y., TSUE, T. T., GIROD, D. A; (2018). *Mandibular reconstruction*; **Oral Oncology**, 77, 111–117, 2017.

KINDLEIN, W.Jr.; FREESE, S.H.; SILVA, F.P. A digitalização tridimensional a laser como ferramenta para o desenvolvimento de novos produtos. In.: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO EM DESIGN, 7., 2006, Curitiba/PR. **Anais do 7° Congresso brasileiro de pesquisa e desenvolvimento em design**, 2006.

KUMAR BP *et al*; Mandibular Reconstruction: Overview. **J Maxillofac Oral Surg.** 2016;15(4):425-441.

LIU, ESSIG; Panorama of dental CAD/CAM restorative systems. **Compendium of continuing education in dentistry**; 2008;29(8):482-488.

MAHINDRU, DV; MAHENDRU, P; Review of Rapid Prototyping-Technology for the future; **Global Journal of Computer Science and Technology Graphics & Vision**; Volume 13 Issue 4 Version 1.0, 2013.

MEURER P, ECKERT AW, KRIWASLKY MS, SCHUBERT J: Scope and limitations of methods of mandibular reconstruction: a long-term follow-up. **Br J Oral Maxillofac Surg** 48: 100e104, 2010.

MIRANDA *et al*; Mandibular reconstruction with fibula free flap: Case Series; **Rev. Bras. Cir. Plást.** 2020; 35(1):23-27.

MODEEN, T; CAD/CAM. The use of rapid prototyping for the conceptualization and fabrication of architecture; **Automation in Construction**, n.14, p. 215-224, 2005.

MORAWSKI, PIGOZZI, FABRO; Use of prototyping in oral and maxillofacial surgery and traumatology: case reports; **RFO, Passo Fundo**, v. 21, n. 3, p. 420-426, set. /dez. 2016.

MORMANN, W. H; The origin of the Cerec method: a personal review of the first 5years; **Int J ComputDent**, v.7, n.1, p.11-24. 2004.

MOTTINI *et al*; New approach for virtual surgical planning and mandibular reconstruction using a fibula free flap; **Oral Oncol**; 2016 Aug;59:e6-e9.

NAZARIAN, A.; CAD/CAM Technology in Restoring Implants; **Inside Dentistry** 2008;4(9).

OTERI G, PONTE FS, PISANO M, CICCÌÙ M; Five years follow-up of implant-prosthetic rehabilitation on a patient after mandibular ameloblastoma removal and ridge reconstruction by fibula graft and bone distraction. **Dent Res J.;9(2):226-232.** (2012).

OWUSU; Application of Rapid Manufacturing Technologies to Integrated Product Development in Clinics and Medical Manufacturing Industries; **Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of Master of Science in Engineering**; Dec (2013).

REN *et al*; Virtual Planning and 3D printing modeling for mandibular reconstruction with fibula free flap; **Med Oral Patol Oral Cir Bucal**. 2018 May 1;23(3):e359-e366.

RUSTEMEYER *et al*; Comparison of intraoperative time measurements between osseous reconstructions with free fibula flaps applying computer-aided designed/computer-aided manufactured and conventional Techniques; **Oral Maxillofac Surg**. 2015 Sep;19(3):293-300. Epub 2015 Apr 12.

RUTGER *et al*; Accuracy of fibula reconstruction using patient-specific CAD/CAM reconstruction plates and dental implants: A new modality for functional

reconstruction of mandibular defects; **J Craniomaxillofac Surg**. 2015 Jun;43(5):649-57.

SCHAFFER, M.; REBELLATO, N.L.B.; COSTA, D.J.; MÜLLER, P.R; Prototipagem rápida em odontologia; **Revista Dens.**, v.14, n.2, p.54, nov./abr; 2006.

SEIER, T *et al*; Virtual planning, simultaneous dental implantation and CAD/ CAM plate fixation: a paradigm change in maxillofacial Reconstruction; **Int. J. Oral Maxillofac. Surg**. 2020; 49: 854– 861.

SCOLOZZI; Maxillofacial Reconstruction Using Polyetheretherketone Patient-Specific Implants by “Mirroring” Computational Planning; **Aesth Plast Surg** (2012) 36:660–665.

SINK, HAMLAR, KADEMANI, KHARIWALA; Computer-aided stereolithography for presurgical planning in fibula free tissue reconstruction of the mandible; **J Reconstr Microsurg**. 2012 Jul;28(6):395-403.

SOKOVIC, M. RE; (reverse engineering) as necessary phase by rapid product development. **Journal os Materials Processing Technology**, 2005.

SUPRIJANTO *et al*; Image analysis for dental bone quality assessment using CBCT Imaging; **Journal of Physics: Conference Series 694** 012065; 2016.

SOUZA, MAINPRIZE, EDWARDS, BINHAMMER; Teaching facial fracture repair: A novel method of surgical skills training using three-dimensional biomodels; **Plast Surg (Oakv)**. 2015; 23(2): 81–86.

SUKEGAWA S, KANNO T, FUKURI Y; Application of computer-assisted navigation systems in oral and maxillofacial surgery; **Jpn Dent Sci Rev**. 2018;54(3):139-149.

TARSITANO A, MAZZONI S, CIPRIANI R, SCOTTI R, MARCHETTI C, CIOCCA L; The CAD/CAM technique for mandibular reconstruction: an 18 patients oncological case-series; **Journal of Cranio-Maxillofacial Surgery** (2014).

TYMMS C, ZORIN D, GARDNER EP; Tactile perception of the roughness of 3D-printed textures; **J Neurophysiol.** 2018;119(3):862-876.

VELASCO I; VAHDANI S, RAMOS H; Low-cost Method for Obtaining Medical Rapid Prototyping Using Desktop 3D printing: A Novel Technique for Mandibular Reconstruction Planning. **Journal of Clinical and Experimental Dentistry.** 2017 Sep;9(9):e1103-e1108.

VENUVINOD P.K., Ma W; Data Processing for Rapid Prototyping. **Rapid Prototyping.** Springer, Boston, MA. (2004).

WEYH, FERNANDES, QUIMBY; Three-Dimensional Computer-Aided Surgical Planning and Manufacturing in Complex Mandibular Reconstruction; **Atlas of the Oral & Maxillofacial Surgery Clinics**; July 03 (2020).

WILDE, CORNELIUS, SCHRMAN; Computer-Assisted Mandibular Reconstruction using a Patient-Specific Reconstruction Plate Fabricated with Computer-Aided Design and Manufacturing Techniques; **Cranio-maxillofac Trauma Reconstr.** 2014 Jun;7(2):158-66. Epub 2014 Feb 25.

WONG, KC; 3D-printed patient-specific applications in orthopedics; **Orthopedic Research and Reviews** Volume 8(8):57-66, 2016.

YATABE, GOMES, RUELLAS; Challenges in measuring angles between craniofacial structures; **J. Appl. Oral Sci.** vol.27 Bauru; Epub June 03, (2019).

YOSHIMURA *et al*; Stereolithographic model-assisted reconstruction of the mandibular condyle with a vascularized fibular flap following hemimandibulectomy:

Evaluation of morphological and functional outcomes; ***Oncol Lett.*** 2017;14(5):5471-5483.

YU, M.D et al; Three-dimensional accuracy of virtual planning and surgical navigation for mandibular reconstruction with free fibula flap; ***Journal of Oral and Maxillofacial Surgery***; Sept 25, 2015.

YUAN, XUAN, TIAN, LONG; Application of digital surgical guides in mandibular resection and reconstruction with fibula flaps; ***Int J Oral Maxillofac Surg.*** 2016 Nov;45(11):1406-1409. Epub 2016 Jul 21

ZHAO, PATEL, COHEN; Application of Virtual Surgical Planning with Computer Assisted Design and Manufacturing Technology to Cranio-Maxillofacial Surgery; ***Arch Plast Surg.*** 2012 Jul; 39(4): 309–316.

ZWEIFEL, DF *et al.*; Precision of Simultaneous Guided Dental Implantation in Microvascular Fibular Flap Reconstructions With and Without Additional Guiding Splints; ***Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*** 77(5) Dec, 2018.

GLOSSÁRIO

Para efeito de melhor entendimento, adotam-se as seguintes definições:

- 1.1 – AMELOBLASTOMA** - Neoplasia benigna, mas localmente invasiva, consistindo de epitélio odontogênico proliferativo, em meio a um estroma fibroso. Não tem potencial indutivo sobre o estroma.
- 1.2 - ARQUIVO STL** - Contém dados que descrevem o layout de um objeto tridimensional. Esses arquivos geralmente são gerados por um programa de design assistido por computador ou *computer-aided design* (CAD).
- 1.3 – ESCANEAMENTO** - Percorrer com um *scanner* ou digitalizar alguma coisa usando um *scanner*.
- 1.4 – ESTERELIZAÇÃO** - Processo que visa destruir todas as formas de vida microbianas que possam contaminar produtos, materiais e objetos voltados para a saúde.
- 1.5 – DIGITALIZAÇÃO** - Processo pelo qual uma imagem ou sinal analógico é transformado em código digital.
- 1.6 – FRESAGEM** - Um dos processos fundamentais de usinagem mecânica, que consiste em desbastar ou cortar peças de metal, por meio de um cortador com gumes que atua em movimento rotativo.
- 1.7 – MANUFATURA** - Obra feita à mão.
- 1.8 – OROFACIAL** – Relativo à face e a cavidade oral.
- 1.9 – OSTEORRADIONECROSE** - Necrose asséptica de tecido ósseo, desenvolvida após radioterapia em pacientes com tumores de cabeça e pescoço.
- 1.10 – OSTEOSARCOMA** - Tumor maligno ósseo mais frequente na infância e adolescência, comumente associado a dor local, como também alterações ósseas.
- 1.11 – OSTEOTOMIA** - Operação cirúrgica para corte de um osso.
- 1.12 - PÓS-OPERATÓRIO** - Período durante o qual se observa e se assiste à recuperação de pacientes em pós-anestésico e pós "stress" cirúrgico.
- 1.13 – PROTOTIPAGEM** - Arte de transferir ideias do âmbito conceitual para a realidade. É todo e qualquer objeto físico ou virtual que simula uma interação para validar uma ideia ou planejamento.

- 1.14 - SEGMENTOS ÓSSEOS** - Significa a forma com que a anatomia humana é dividida, apresentando assim segmentos que podem indicar a presença de um osso ou mais de um, formando um conjunto grande de membros.
- 1.15 - SOFTWARE** - Conjunto de componentes lógicos de um computador ou sistema de processamento de dados; programa, rotina ou conjunto de instruções que controlam o funcionamento de um computador; suporte lógico.
- 1.16 - TRANSOPERATÓRIO** - Fase que se inicia no momento da entrada do paciente no centro cirúrgico até sua saída.
- 1.17 - USINABILIDADE** - Uma propriedade relacionada com a facilidade com que um metal pode ser cortado, de acordo com as dimensões, forma e acabamento superficial requeridos comercialmente.
- 1.18 - HELICOIDAL** - Que tem a forma de hélice, em caracol; helicóide. Que gira em torno de um eixo, deslocando-se ao seu redor.
- 1.19 - SECÇÕES TRANSVERSAIS** - Interseção de um corpo no espaço tridimensional com um plano, ou o equivalente em um espaço dimensional maior. Cortar um objeto em fatias cria várias seções transversais paralelas.