

## DESENVOLVIMENTO DE GUIA DE CORTE CIRÚRGICO CUSTOMIZADO PARA MANDIBULOTOMIA EM CIRURGIA DE CABEÇA E PESCOÇO ATRAVÉS DA MANUFATURA ADITIVA

### *DEVELOPMENT OF THE PERSONALIZED SURGICAL CUTTING GUIDE FOR MANDIBULOTOMY IN HEAD AND NECK SURGERY THROUGH ADDITIVE MANUFACTURING*

Uirá Luiz De Melo Sales Marmhoud Coury<sup>1</sup>

Diogo Pontes Costa<sup>2</sup>

Ana Isabella Arruda Meira Ribeiro<sup>3</sup>

Renata de Souza Coelho Soares<sup>4</sup>

#### Resumo

O objetivo deste trabalho foi a confecção, através da manufatura aditiva, de guia de corte cirúrgico customizado (GCCC) para a realização de osteotomias mandibulares. Para isso, uma paciente com tumor mandibular em ramo esquerdo se submeteu à cirurgia virtual com osteotomias usando o GCCC e um biomodelo da mandíbula. Ambos modelos foram confeccionados virtualmente e materializados via manufatura aditiva. Como resultado, observou-se o ganho de tempo cirúrgico com a fase de pré-modelagem e no uso do guia de corte cirúrgico, pois já se sabia previamente a posição das osteotomias, da placa e a fixação dos parafusos pré-escolhidos no biomodelo. Na fase de execução cirúrgica foram vistas dificuldades na montagem do guia de corte e as osteotomias foram realizadas usando uma maneira alternativa de corte a qual não estava prevista na fase de modelagem e de desenho auxiliados por computador. Não houve maiores empecilhos na execução das osteotomias, porém, no ato operatório *in vivo* existiram situações não previstas na cirurgia virtual, as quais obrigaram modificações no modo de uso do dispositivo. Mesmo assim, a cirurgia foi realizada em menor tempo cirúrgico.

**Palavras-chave:** neoplasias de mandíbula; manufatura assistida por computador; osteotomia mandibular; desenho assistido por computador.

#### Abstract

The aim of this work was to manufacture custom surgical cutting guides to mandible osteotomies through additive manufacturing. Materials and Methods: One selected patient with left mandible ramus tumor underwent virtual surgery with osteotomies using the custom surgical cutting guide (CSCG). Both models were made virtually via virtual creation software and materialized via additive manufacturing equipment. The pre-bending of the plate and pre-fixation of screws were done days before the surgery, with timing measurement in each stage. The surgery was performed with new time measures and verifying the execution of the CSCG.

---

1 Mestre em Ciência e Tecnologia em Saúde, Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande, Paraíba, Brasil, uira.coury@gmail.com; ORCID

2 Doutorando em Design, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Santa Catarina, Brasil. diogopontes102@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8330-7208>.

3 Professora, UEPB – PPG Ciência e Tecnologia em Saúde, Campina Grande, PB. Brasil. ID Lattes: 4724251068793705

4 Professora, UEPB – PPG Ciência e Tecnologia em Saúde, Campina Grande, PB. Brasil. drarenatacoelho@gmail.com; Lattes: 9587557565279282

Results: There was gain in operative time with the pre-bending stage and using the surgical cutting guide, because previously was known the plate position with the use of biomodel and the pre-chosen fixation of screws. At the surgical act was seen some difficulties to assembly the custom surgical cutting guide and the osteotomies was performed with an alternative way of cutting that was not previewed in the virtual surgery stage. Even so, the surgery in vivo was done at shorter operative time.

**Keywords:** mandible neoplasms; computer aided manufacturing; mandibular osteotomy; computer aided design.

## 1. Introdução

Os cânceres do trato aerodigestivo superior (TADS), que se localizam na cavidade oral, faringe e laringe são um grave problema de saúde e representam grande desafio para a sociedade, profissionais e sistemas de saúde. Dentre estes, destaca-se o câncer bucal, o qual tem ocupado o 4º lugar entre os tipos que mais acometem os homens no Nordeste, com 6,76 casos novos por 100 mil indivíduos (BRASIL, 2018). Ainda segundo dados do Instituto Nacional de Câncer – INCA (BRASIL, 2018), no ano de 2018 em todo o Brasil, serão estimados 11.200 casos novos em homens e 3.500 em mulheres, destes 6,72 por 100 mil indivíduos no Nordeste.

Os tumores de cabeça e pescoço são o quinto grupo de câncer mais comum no mundo, incidindo principalmente os homens na faixa dos 50 anos de idade, originando cerca de 650 mil novos casos todos os anos (VILAR; MARTINS, 2012). Entretanto, tem sido verificado um aumento na incidência em mulheres devido ao desenvolvimento do tabagismo e etilismo entre elas. Os tumores nessas regiões do corpo costumam implicar transformações em uma área muito visível, diretamente associado à identidade de cada pessoa, como a face, boca e pescoço. Muitas vezes, compreendendo parte do tratamento, é preciso remover a língua e outras partes da boca, região cervical, faringe e laringe tomadas pela neoplasia. Como consequência da cirurgia, as pessoas costumam ter sequelas, desde dificuldades para comer, falar, respirar, defeitos estéticos até déficits motores (COSTA et al., 2013).

Tem sido clara a associação entre fumo e o consumo excessivo de bebidas alcoólicas como principais fatores de risco. Quanto maior o consumo, maiores as chances de ter um câncer no TADS. Para os tabagistas, o risco aumenta em 5-20 vezes, dependendo da carga tabágica. O risco com abuso de álcool se torna 5 a 6 vezes maior, e a associação destes dois fatores aumenta a chance do desenvolvimento da neoplasia maligna em 10 a 20 vezes. A falta de higiene oral, próteses dentárias mal ajustadas e uma alimentação rica em gordura e pobre em verduras, legumes e frutas também podem estar implicadas (SHAH, SINGH, PATEL, 2012).

Ainda se tem como fator de risco preocupante para o desenvolvimento de câncer na orofaringe a contaminação oral do papiloma vírus humano (HPV), principalmente através do subtipo 16, acometendo pessoas mais jovens que a média etária desta doença, com melhor perfil socioeconômico e algumas vezes sem qualquer história de abuso de álcool e fumo (WESTRA, 2009).

Apesar de ser um local de fácil autoexame, 75% dos pacientes com câncer nesta região chegam em estágios avançados da doença, com nódulos no pescoço, dor oral, emagrecimento, dificuldades para respirar, falar, mastigar e/ou engolir (LIMA et al., 2005; KOWALSKI et al., 1994). Tais cânceres no TADS podem ter cura desde que diagnosticados e tratados adequadamente nas fases iniciais, por uma equipe multidisciplinar, sendo o Cirurgião de

Cabeça e Pescoço um elo fundamental e essencial na prevenção, diagnóstico, tratamento cirúrgico e reabilitação (COSTA, MIGLIORATI, 2001). Dentro da modalidade cirúrgica de tratamento, encontra-se o auxílio da manufatura aditiva (MA), que visa à aquisição de protótipos físicos, através de um modelo digital em 3D, por impressão de sucessivas camadas finas de materiais diversos como plástico, cerâmica, metais e papeis (BIBB et al., 1999; CHOI; CHOI; KIM, 2002; DE SOUZA et al., 2003).

A MA pode proporcionar um melhor conhecimento da anatomia tumoral (WULFF et al., 2001), possibilitando ao cirurgião saber o local exato das osteotomias, conforme Bisdas, Teebken (2011) e Essig et al. (2011). Os autores também relataram que o uso de biomodelos possibilita aos cirurgiões melhor noção dos aspectos táticos e visuais da cirurgia, com maior acurácia no diagnóstico e ainda aumentando o sucesso do planejamento dos procedimentos. Os biomodelos 3D ajudam os profissionais a ver e tocar, assim facilitando o entendimento geral e maior precisão dos procedimentos no que tange aos cortes, perfurações durante as cirurgias (PETZOLD; ZEILHOFER; KALENDER, 1999; CUNNINGHAM; MADSEN; PETERSON, 2005; EDWARDS, 2010; ZHAO; PATEL; COHEN, 2012).

Desta forma, o objetivo desta pesquisa foi a produção e utilização de guia de corte cirúrgico customizado (GCCC) através de MA para utilização em paciente com tumor mandibular apto para cirurgia. Portanto, o objetivo deste trabalho foi desenvolver e utilizar guia de corte cirúrgico customizado na assistência de paciente acometido por neoplasia de cabeça e pescoço, particularmente em mandíbula, através do desenho auxiliado por computador (CAD) e da manufatura aditiva (MA).

## 2. Revisão de Literatura

A MA vem se tornando uma tecnologia essencial no desenvolvimento de novos produtos em vários setores. O uso permite detectar erros nas fases iniciais de um determinado projeto. Além disso, pode aumentar inclusive a competitividade de um produto (BAREQUET; SHAPIRO; TAL, 2000; CHRISTENSEN; SEDERBERG, 1978; GREVERA; UDUPA; ODHNER, 2000; KAI et al., 1998). Dentro da MA, na prototipagem rápida (PR) o modelo físico é construído camada a camada a partir de um material em pó, polímero, ou outros tipos de materiais. Os processos utilizados podem variar de Sinterização Seletiva a Laser (SLS - *Selective Laser Sintering*), Modelagem por Fusão e Deposição (FDM - *Fused and Deposition Modeling*), Estereolitografia (SLA) e Sinterização Direta a Laser de Metal (DMLS - *Direct Metal Laser Sintering*). (PETZOLD et al., 1999; MATERIALGEEZA, 2008)

As primeiras aplicações da MA em cirurgia maxilofacial foram documentadas por Lambrecht; Brix et al. e Mankovich; Cheeseman; Stoker ambos em 1990. Em 1994, Anderl et al. publicaram o uso de modelo estereolitográfico numa cirurgia corretiva de palato realizada na Universidade de Innsbruck, na Áustria. Em 1995, Bill et al. registraram o uso da prototipagem para facilitar a reconstrução de um defeito craniano complexo em paciente com grave seqüela pós-infecciosa após cirurgia para retirada de um meningioma.

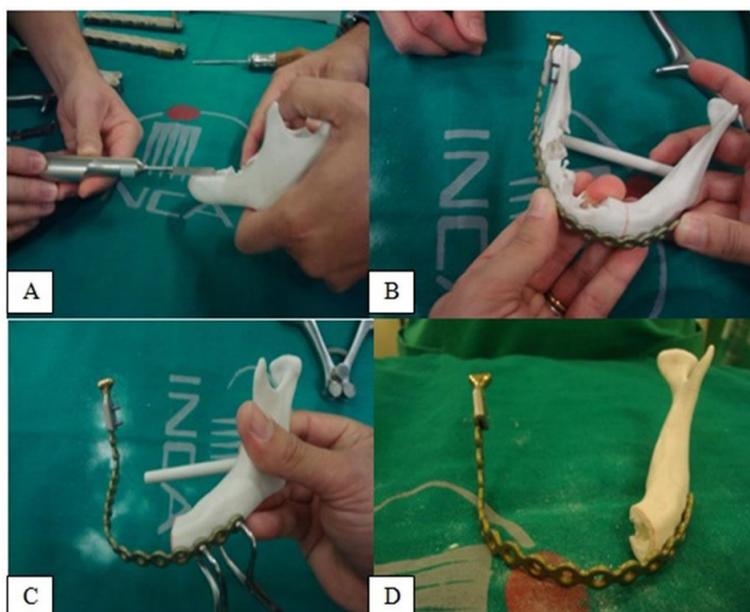
O uso da MA na área médica vem possibilitando extraordinários avanços e podendo ser usada em vários tipos de intervenções cirúrgicas (JELENA; MIROSLAV, 2007). Entre outros, os avanços incluem: simulações cirúrgicas; redução do risco; facilita a confecção de marcações nas áreas ósseas; redução da permanência hospitalar e de seus custos; utilização de próteses personalizadas; melhora da simetria nas reconstruções pela utilização da técnica do espelhamento; planejamento do procedimento mesmo com o paciente à distância e ganho significativo na documentação dos casos (FOGGIATO, 2006; WONG et al., 2005).

Mehra et al. (2011) também demonstraram melhores resultados com o uso de MA. Concluíram que o uso de modelos 3D em cirurgias orais e maxilo-faciais melhoraram de maneira significativa a previsibilidade dos resultados clínicos comparados com tratamentos similares. Winder; Bibb (2005) e Levine et al. (2012) discutiram a MA descrevendo a tecnologia como estado da arte. Os autores ilustraram como a cirurgia virtual, o design computadorizado, a manufatura dos biomodelos podem ser usadas na cirurgia craniomaxilofacial para criar acurados resultados pós-operatórios e aumentar a confiabilidade até mesmo da mais complexa reconstrução óssea 3D. Os estudos revisaram as aplicações das técnicas em distintas reconstruções, como mandibular, cirurgia ortognática, trauma maxilofacial, a reconstrução da articulação têmporo-mandibular (ATM).

Os avanços em reconstrução mandibular, que servem de base para estudos tiveram início com os trabalhos publicados por Hidalgo et al. (1989,2002), que descreveram a técnica utilizando o retalho livre pediculado de fíbula - na época ainda sem o advento da MA - a qual tem sido rotineiramente utilizada em diversos centros que possuem cirurgião habilitado em microcirurgia. A partir de um trabalho desenvolvido por Hanasono, Skoracki (2013), foi que o planejamento virtual da cirurgia, guias de corte cirúrgicos customizados (GCCC) e a pré-aplicação das placas e parafusos em biomodelos utilizados como referência para reconstruções de mandíbula se tornaram recursos livremente sujeitos às avaliações.

A aquisição por MA de GCCC pode ser um dos componentes do planejamento virtual de cirurgias de pacientes com tumores de cabeça e pescoço, tanto no auxílio para ressecção mais precisa, quanto na reconstrução acurada do defeito ósseo conforme demonstrado por Ciocca et al. (2012) e Tarsitano et al. (2014). No Brasil, tem-se como estudo pioneiro estudo de Farias et al. (2013), o qual trataram de diversos aspectos da MA mostrando um ganho significativo no tempo dos procedimentos e na economia de recursos financeiros decorrentes da utilização do centro cirúrgico. E isso ocorreu mesmo sem a utilização de GCCC. (Figura 01).

**Figura 1: Modelagem e posicionamento pré-cirúrgico de placas e parafusos a um biomodelo.**



Fonte: Farias et al. (2013). A: Simulação de osteotomia no biomodelo; B: adaptação da placa ao Biomodelo; C: Adaptação dos parafusos na interface placa-biomodelo; D: Aspecto final da placa adaptada ao biomodelo.

Em solo brasileiro, a maioria das impressoras disponíveis fica em centros de pesquisa, a exemplo do LABTEC 3D do Núcleo de Tecnologias Estratégicas em Saúde (NUTES) da Universidade Estadual da Paraíba- UEPB. Com relação ao aspecto de custos envolvidos, Zweifel et al. (2014) mencionaram que a MA em seus vários aspectos é economicamente viável, mesmo em sistemas públicos de saúde *beveridgianos* como o formatado no Sistema Único de Saúde (SUS) brasileiro.

### 3. Metodologia

Foi realizada uma revisão da literatura acerca da utilização da MA em Cirurgia de Cabeça e Pescoço, com trabalhos que relataram casos documentados, em língua inglesa, compreendendo o período entre 2007 a 2017, nos bancos de dados eletrônicos SciELO®, MEDLINE®, Cochrane® e PubMed® Central, com busca dos termos *mandible neoplasms, computer-assisted surgery, computer-aided design, tridimensional(3D) printing, mandibular osteotomy, mandibular reconstruction, operative time, head and neck surgery, craniomaxillofacial surgery, virtual design, prototyping e surgical cutting guides*

O trabalho manufaturou GCCC obtidos por MA para paciente com tumor mandibular seguindo fluxo de atendimento de Coury et al. (2017), desenvolvido em conformidade com os aspectos contidos na Lei 12.732 (BRASIL, 2012), em vigor desde maio de 2013, que dispõe sobre o primeiro tratamento de paciente com neoplasia maligna comprovada e estabelece prazo para início do tratamento de pacientes oncológicos em até 60 (sessenta) dias, sendo por este motivo o prazo máximo que deve prevalecer para que todos os processos envolvidos na manufatura aditiva sejam plenamente alcançados (Figura 02).

Figura 2: Diagrama de fluxo proposta para tratamento.



Fonte: Elaborado pelos autores

#### 3.1. Variável para Análise na Revisão de Literatura

Algumas variáveis que se pretendeu abordar, entre outras: sítio tumoral, estadiamento à admissão dos pacientes, tipo histológico dos tumores, idade, sexo, tipo de software empregado, método e materiais usados na confecção dos biomodelos com a manufatura aditiva, se houve manufatura de guias de corte cirúrgicos customizados, área doadora do

retalho livre ósseo, se houve manufatura de guias de corte do retalho livre ósseo, tempo usado na moldagem das placas, tempo de retirada do retalho livre ósseo, tamanho do retalho livre ósseo, tempo total de reconstrução, material utilizado nos parafusos, quantidade de parafusos utilizados, tipo de design da placa de reconstrução, tempo desde a admissão até a cirurgia dos pacientes, se margens cirúrgicas livres, radio-quimioterapia adjuvante, se houve padronização na forma de descarte dos biomodelos, aspecto estético-funcional, se houve melhora do conhecimento tridimensional da área tumoral e da área doadora devido aos biomodelos, melhora da qualidade de vida dos pacientes e custos envolvidos no processo de MA.

### **3.2. Considerações Éticas da Pesquisa e Local do Estudo**

Os aspectos éticos que envolvem a cirurgia que foi realizada na FAP durante o trabalho foram enquadrados nos dispositivos contidos na Resolução Nº 466, de 12 de dezembro de 2012 (BRASIL, 2012), após registro do mesmo na Plataforma Brasil e aprovação pelo Comitê de Ética e Pesquisa (CEP) do CESED-FACISA, com Certificado de Apresentação para Apreciação Ética (CAAE) Nº 99342918.1.0000.5175 e com assinatura do paciente e responsável do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.

O local do estudo foi realizado no LABTEC 3D do NUTES da UEPB, situado à Rua Domitília Cabral de Castro, 10. Bairro Universitário. Campina Grande – PB, CCBS, Campus I, para o desenvolvimento do design do GCCC e avaliação dos dados obtidos. Já os procedimentos cirúrgicos, foram realizados no Hospital da FAP, situado à Rua Doutor Francisco Pinto, S/N. Bodocongó. Campina Grande – PB, que é um UNACON referência para mais de 180 municípios da Paraíba e para o interior de estados vizinhos, como Pernambuco e Rio Grande do Norte, atendendo pacientes com tumores de cabeça e pescoço para execução de procedimentos cirúrgicos.

### **3.3. Seleção e Exclusão dos Pacientes**

Poderiam ter sido selecionados pacientes de ambos os sexos, elegíveis para cirurgias, com idades podendo variar de 21 a 75 anos, portadores da Classificação Internacional das Doenças e Problemas Relacionados com a Saúde (CID-10) C02, C03, C04, C05, C41.1, C44,3, D16.4 e D16.5. Para tanto, foi selecionada paciente do sexo feminino M.A.N., elegível para cirurgia, com idade de 50 anos de idade, portadora de CID-10: D16.5 (neoplasia benigna da mandíbula), ameloblasoma segundo Bx prévia. Em relação aos critérios de exclusão, foi definido que não poderiam participar da pesquisa e portanto, foram excluídos mulheres grávidas, menores de idade, nefropatas em diálise, pacientes com baixa reserva hepática, bronquíticos crônicos descompensados.

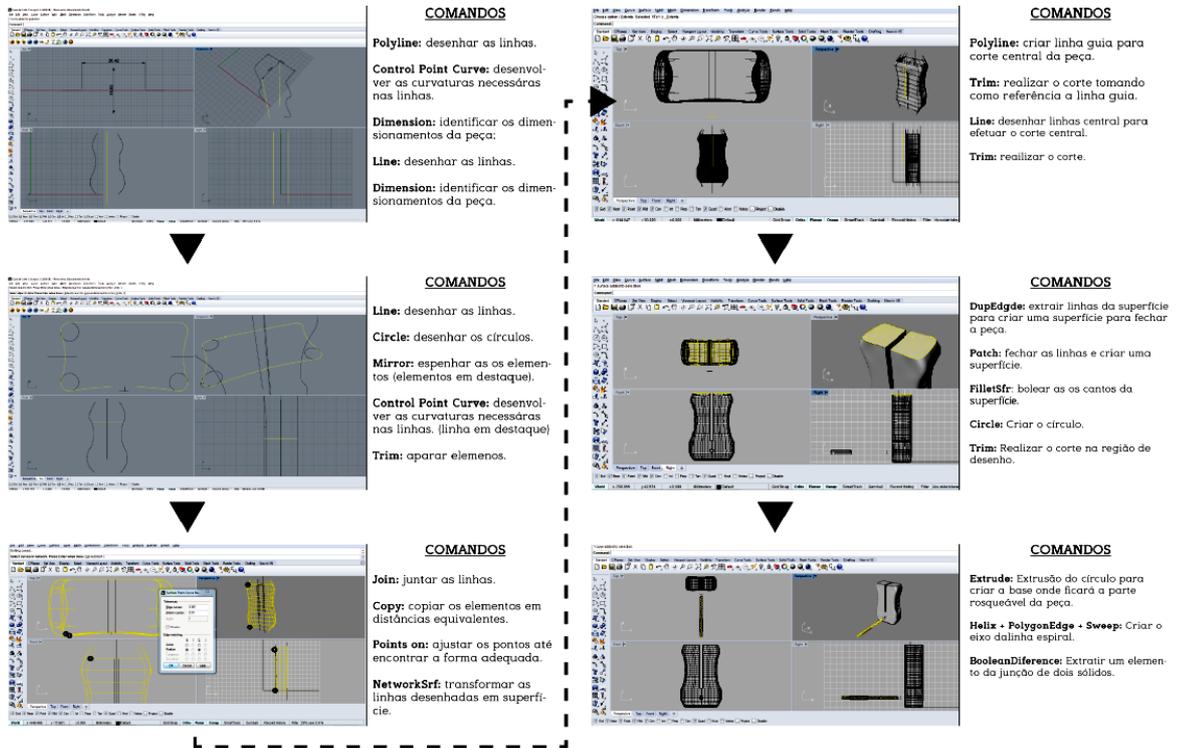
## **4. Desenvolvimento do GCCC**

O guia de corte cirúrgico foi desenhado pelos pesquisadores, mestrando do NUTES/UEPB, com auxílio do software Rhinoceros® (Rhino3D®), versão 5.0 (www.rhino3d.com), desenvolvido por Robert McNeel & Associates, EUA, em 2012 para o sistema operacional Windows®. Os comandos em CAD são recursos próprios do software para que se possa definir e editar um objeto, modelando-o virtualmente até atingir o resultado desejado. Os comandos do Rhino3D® relacionados à construção de cada peça do GCCC em CAD foram sumarizados<sup>5</sup> e na Figura 03,

<sup>5</sup> Para visualização do processo completo, buscar na dissertação do COURY (2018).

observa-se uma compilação, juntamente com as imagens das etapas do processo do primeiro elemento (Peça A) que compõem o produto.

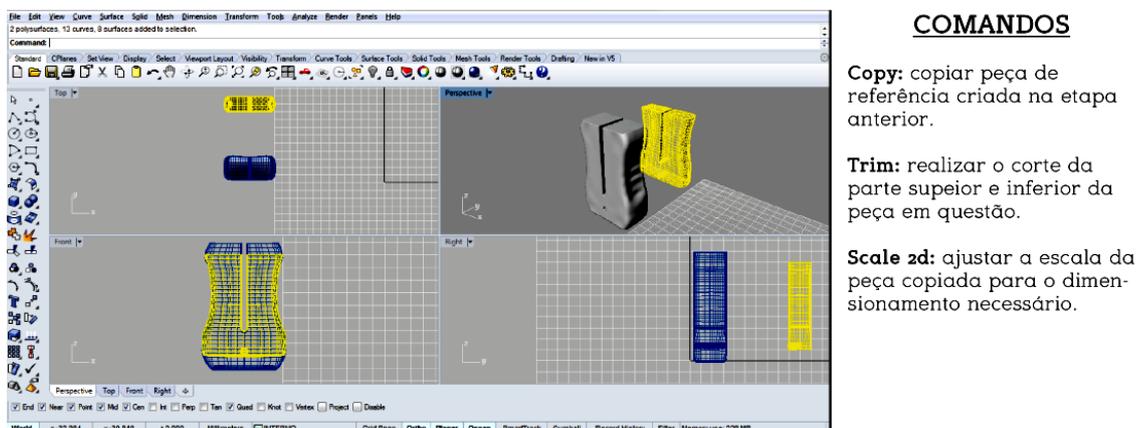
Figura 3: Etapas de criação da peça A



Fonte: Elaborado pelos autores

Já na Figura 04, têm-se as etapas para criação da Peça do corpo B, no qual se observa um processo simplificado, visto que, foi tomado como referência a primeira peça criada.

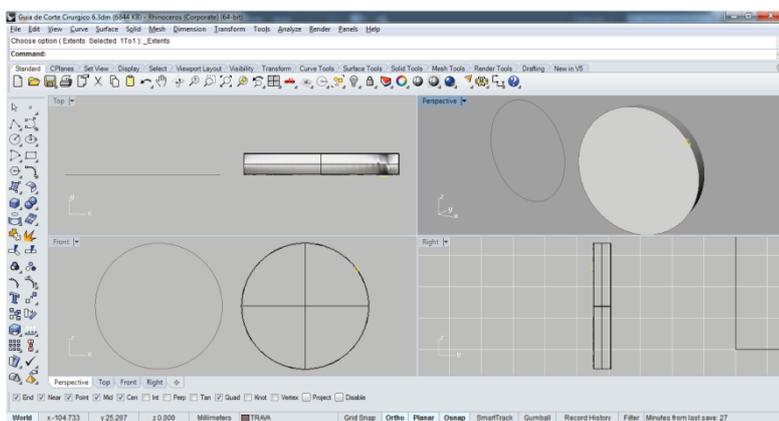
Figura 4: Etapas de criação da Peça B



Fonte: Elaborado pelos autores

Por fim, criou-se as peças C e D - Rosca de retenção e Parafuso Longo, as medidas foram definidas a partir das peças anteriores (Figura 05).

Figura 5: Etapas de criação das peças C e D

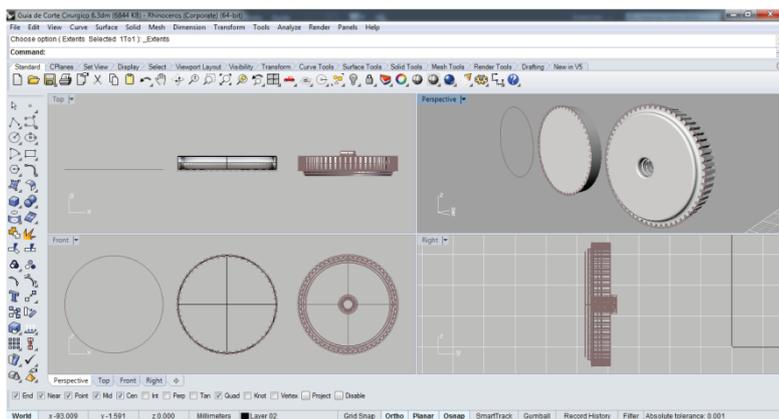


#### COMANDOS

**Circle:** criar círculo no dimensionamento na peça;

**Extrude:** extrusão do círculo, criando um sólido;

**Polyline:** criar um triângulo com vértice arredondadas para guiar a construção da forma da peça.



#### COMANDOS

**ArrayPol:** gerar a quantidade de "travas" em volta do sólido;

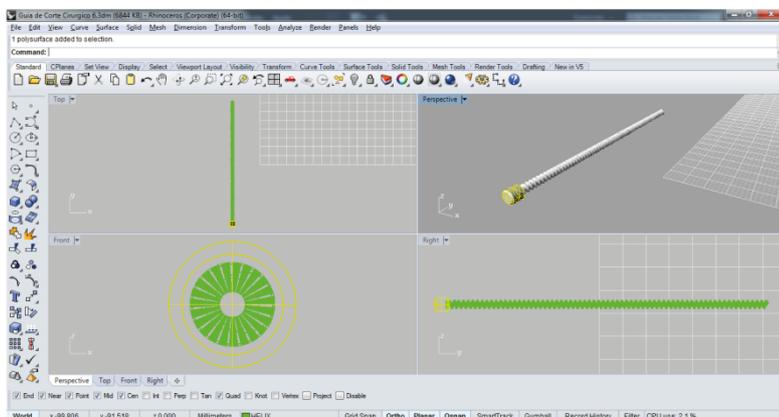
**Circle:** criar a forma circular;

**Extrude:** extrusão do círculo para criar a base que ficará a parte "rosqueável da peça";

**BooleanDifference:** subtrair as partes da peça que não serão utilizados.

**FilletSrf:** suavizar as junções das superfícies;

**Group:** agrupar as partes das peças.



#### COMANDOS

**Circle:** criar o formato circular do "parafuso"

**Extrude:** extrusão do círculo para criar a base onde ficará a parte rosqueável da peça;

**Helix + PolygonEdge + Sweep:** criar o eixo da linha espiral;

**BooleanDifference:** subtrair um elemento da junção dos dois sólidos.

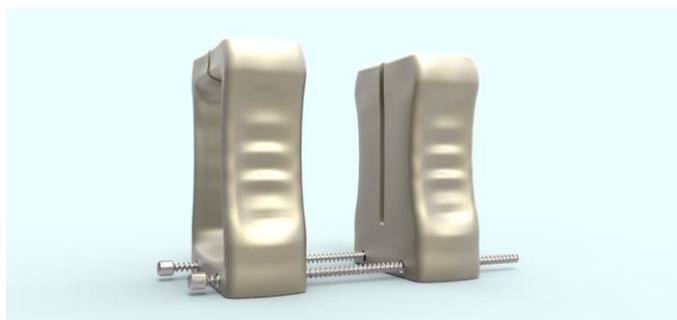
Fonte: Elaborado pelos autores

Observa-se na Figura 06, o resultado final (Figura 06) do desenho CAD já com a

aplicação de textura - renderização virtual - e posicionadas corretamente nos eixos (X, Y e Z). Para essa renderização, utilizou-se o software KeyShot® versão 7, não há mais descrição dessa etapa, pois o interesse aqui é apenas ilustrativo.

Salienta-se que o biomodelo e o guia de corte cirúrgico foram adquiridos no valor de R\$2.100,00 (Dois mil e cem reais), junto à empresa Compass 3D® de Belo Horizonte – MG, que possui tradição de mercado na manufatura aditiva de biomodelos aplicado em saúde.

**Figura 6: Representação Virtual da peça completa**



Fonte: Elaborado pelos autores

## 5. Resultados e Discussão

Os tumores de cabeça e pescoço, geralmente acometem áreas nobres, causando importantes repercussões estéticas e funcionais que podem comprometer significativamente a qualidade de vida dos pacientes, o que mostrou a relevância social deste trabalho (YEONG et al, 2004; BAREQUET; SHAPIRO; TAL, 2006). Com a utilização da manufatura aditiva para os pacientes usuários do SUS na FAP, conseguiu-se a melhor integração do Laboratório de Tecnologias Tridimensionais (LABTEC 3D) à equipe cirúrgica de Cirurgia de Cabeça e Pescoço (CCP) daquela Unidade de Assistência de Alta Complexidade (UNACON).

Os conhecimentos já adquiridos e os novos dados que foram levantados através desta pesquisa apontaram mudanças nos paradigmas locais de tratamento e o direcionamento de políticas públicas específicas no âmbito do SUS com tecnologias que contemplem os usuários já acometidos, bem como melhorias na prevenção na rede básica de saúde (ESF/UBSF), que possibilitem diagnóstico precoce nos casos suspeitos. Além disso, foi oferecido um novo serviço aos pacientes portadores de câncer, usuários do SUS no município de Campina Grande e das cidades circunvizinhas e ainda com importante papel na produção de Ciência, Tecnologia (C&T) e Inovação.

Feitas estas considerações, a paciente selecionada para este estudo, de acordo com os itens estabelecidos nos Critérios de Inclusão na pesquisa, foi M.A N., 50 anos, que possuía um tumor ósseo mandibular de caráter insuflativo, multiloculado em seu corpo esquerdo, retromolar, crescimento progressivo nos últimos 2 anos, com diagnóstico histopatológico por biópsia prévia de lesão central de células gigantes, se coadunando com os achados na literatura vistos em Mendenhall et al. (2007). Na classificação de Jewer et al. (1989) para defeitos mandibulares, tem-se um defeito do tipo L, ou seja, com acometimento lateral mandibular que exclui o côndilo. A equipe cumpriu o estabelecido conforme a RESOLUÇÃO Nº 466, DE 12 DE DEZEMBRO DE 2012 (BRASIL, 2012), para que a paciente fosse atendida em todo seu aspecto de integralidade na assistência. Após assinatura do TCLE e da aprovação pelo CEP

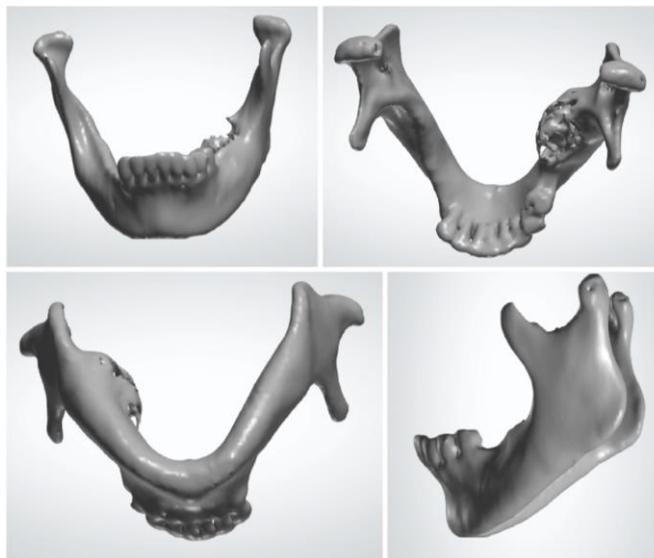
da FAP, procedeu-se às etapas da preparação pré-operatória.

A preparação para o planejamento cirúrgico indicado para o caso envolveu a realização de Tomografia computadorizada (TC) de cavidade oral com cortes de 1mm. Bouyssié et al. (1997) comentaram que a reprodução de estruturas anatômicas complexas pela estereolitografia a partir de imagens de TC era confiável o suficiente para ser usada no planejamento cirúrgico, em implantes feitos sob medida e no ensino de anatomia cirúrgica. Levine et al. (2012) consideraram também que a acurácia dos cortes da TC pode ser excelente no intervalo de 1 – 5mm.

As imagens tomográficas da paciente do caso foram feitas sem contraste na rede SUS, assim como os exames laboratoriais de rotina e avaliação do risco cirúrgico para o procedimento a ser realizado, com autorização do mesmo. Consoante com Hirsch et al. (2009) e Bosc et al. (2017), os quais mostraram a importância da aquisição de imagens por TC para a finalidade de planejamento de osteotomias na cirurgia virtual para reconstruções mandibulares, possibilitando a realização *in vivo* de cortes mais precisos e melhor posicionamento de placas e parafusos. Mostraram ainda o papel relevante do CAD (*computed-aided design*) para melhora significativa do processo reconstrutivo.

A partir da aquisição das imagens DICOM (*Digital Imaging and Communications in Medicine*) da TC da cavidade oral, pode-se fazer a reconstrução em 3D da região com software KeyShot® ([www.keyshot.com](http://www.keyshot.com)) para ser utilizada nas osteotomias e na confecção das imagens virtuais em CAD do dispositivo de Guia de Corte Cirúrgico Customizado (GCCC) utilizando o software Rhinoceros (<https://www.rhino3d.com>). (Figura 07)

**Figura 7: Imagens virtuais em CAD da TC via arquivo DICOM**



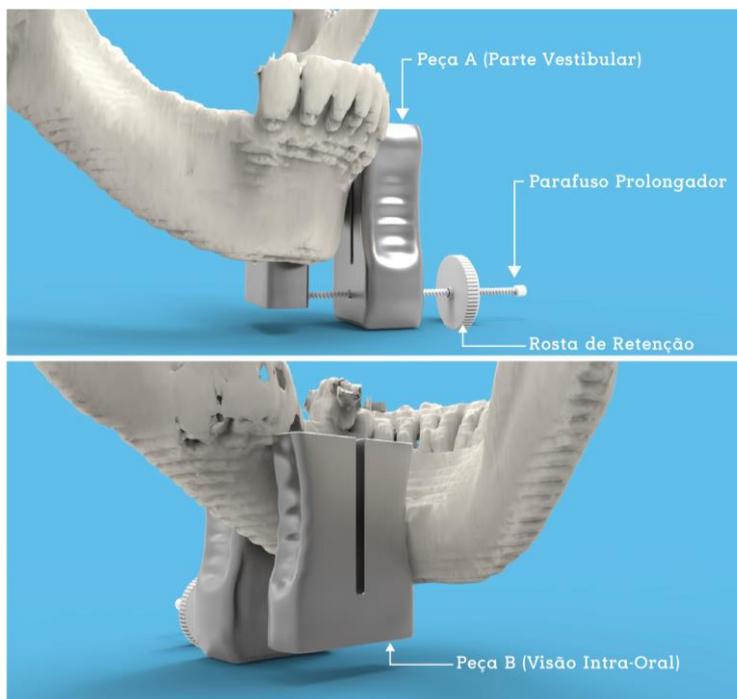
Fonte: Elaborado pelos autores

Usando o Rhino3D® foram confeccionadas virtualmente as peças do GCCC conforme esquematizados abaixo, composto das seguintes estruturas (Figura 08):

- 1 - Peça A – que fica na parte vestibular do corpo mandibular;
- 2 - Peça B – que se localiza na parte intra-oral do corpo mandibular;

- 3 - Parafuso Longo 12 mm – que faz a união das peças acima;
- 4 - Rosca de Retenção – Finalidade de reter o conjunto, evitar deslocamentos.

**Figura 8: Estudo virtual do corte**



Fonte: Elaborado pelos autores

Em concordância com Wang et al. (2016), que relataram a importância dessa etapa como elementos preparatórios do planejamento virtual pré-operatório para simular e otimizar a determinação das margens cirúrgicas ósseas, as osteotomias, o posicionamento de placas, parafusos e guias de corte cirúrgicos. Por fim, afirmaram que o planejamento cirúrgico virtual proporcionava uma maior acurácia na reconstrução mandibular do que a cirurgia convencional.

Semelhantemente, Sink et al. (2012) ressaltaram em sua publicação que a combinação de guias de cortes cirúrgicos com a finalidade reconstrutiva permite uma reconstrução mais precisa, principalmente as que envolvem múltiplas osteotomias e defeitos ósseos extensos. Bao et al. (2017) mostraram a melhora significativa da acurácia reconstrutiva mandibular, redução do tempo cirúrgico com a utilização de placa pré-modelada e da pré-fixação dos parafusos e considerando a técnica de alta precisão, melhorando os resultados clínicos.

Usando o CAD, com os comandos do Rhino3D®, os arquivos foram convertidos e exportados no formato STL permitindo a MA do GCCC o qual era composto de 4 elementos, quais sejam: uma peça principal (A), uma peça menor (B), um parafuso longo de 12 mm e uma rosca de retenção com comandos, finalidades e posicionamentos expostos previamente na metodologia. Concordou com Numajiri et al. (2016) que sem usarem softwares de alto custo de aquisição, conseguiram desenhar guias de cortes e fazer simulações virtuais das osteotomias.

Segundo Shahaf et al. (2010) que mencionaram vários benefícios no uso do planejamento virtual das cirurgias com uso de softwares e ferramentas de manufatura, resultando em maior precisão cirúrgica. Por isso, antes do procedimento cirúrgico propriamente dito, procedeu-se à cirurgia virtual, conforme o protocolo de Pellini, Mercante, Spriano (2012), utilizando o biomodelo e o GCCC confeccionados oriundos da Compass 3D®, que recebeu o primeiro contato em 23/02/2018.

Nesta etapa, foi proposto um fluxo, em concordância com Succo et al. (2015), que expuseram de maneira didática os passos que devem ser seguidos na reconstrução cirúrgica mandibular auxiliada por computador (CAMR – Computer-aided mandible reconstruction), que seriam: 01 - Planejamento cirúrgico virtual; 02 - Design e preparação do biomodelo, dos guias cirúrgicos de corte, modelagem de placas e colocação de parafusos; 03 - Cirurgia ablativa; 4 - Reconstrução mandibular; e, 5 - Comparação pós-operatória com relação aos dados prévios e obtenção dos dados finais. Levine et al, (2012) consideraram em seu trabalho a utilização do CAD e do CAM (computer-aided manufacturing) como novo Estado da Arte na Cirurgia Crânio-Maxilo Facial melhorando os resultados cirúrgicos nas reconstruções de extensos defeitos ósseos com planejamento e execução mais exata das osteotomias, posicionamento de placas, parafusos, guias de cortes, diminuição do tempo cirúrgico. Outros aspectos vistos foram os ganhos no ensino para estudantes, residentes, cirurgiões e para próprio paciente conhecer sua anatomia tumoral.

Sabendo-se dos elementos da literatura relatados acima, a manufatura iniciou-se no dia 26/02/2018 e encerrou-se em 01/03/2018 (4 dias), com o envio das peças através dos Correios-SEDEX em 02/03/2018. Durante a realização da manufatura aditiva, foi demonstrado a não realização da impressão da peça do Parafuso Longo de 12mm devido à grande porosidade da mesma. A cirurgia virtual do biomodelo foi realizada em ambiente hospitalar no dia 15/03/2018. (Tabela 01).

**Tabela 1: Procedimentos e mensuração de tempo**

<b>PROCEDIMENTO</b>	<b>TEMPO GASTO NO BIOMODELO</b>	<b>TEMPO GASTO NA CIRURGIA</b>
Montagem	3' 26"	1' 56"
Serra 1º Corte Distal (parassinfisário)	3' 55"	55"
Serra 2º Corte Proximal (em ramo ascendente)	2' 09"	1' 25"
Modelagem da placa de titânio	8' 29"	3' 50"
Perfuração do Biomodelo para colocação dos parafusos	50"	34"
Colocação da placa e dos parafusos no biomodelo	16"	3' 12"
<b>TEMPO TOTAL</b>	<b>32' 17"</b>	<b>11' 52"</b>

Fonte: Elaborado pelos autores

No mesmo dia da execução da cirurgia virtual, os materiais foram deixados para esterilização na FAP. Sendo os GCCC enviados para o plasma de peróxido de hidrogênio - STERRAD® e os demais componentes para a Central de Materiais e Esterilização (CME) do Hospital na autoclave a 121 graus, conforme preconizado nas RDC (Resolução da Diretoria

Colegiada) 50 (BRASIL, 2002), RDC 15 (BRASIL, 2012), Resolução CFM Nº 1.804 (BRASIL, 2006).

A cirurgia proposta para o caso, no intuito de assegurar margens livres de neoplasia, foi a mandibulectomia segmentar de corpo mandibular esquerdo, com auxílio de GCCC para a realização das osteotomias + aposição de placa de titânio 2,4 mm e parafusos bicorticais 12 mm para união dos segmentos mandibulares restantes, os quais seriam a região parassinfisária do arco central esquerdo e o ramo ascendente esquerdo. Afim de facilitar a compreensão da cirurgia e melhorar a questão estética, foram realizadas marcações cirúrgicas com caneta dermatográfica, mostrando em azul a linha de incisão cutânea, em marrom os contornos mandibulares e a área hachurada em verde/marrom correspondendo à área tumoral (Figura 09).

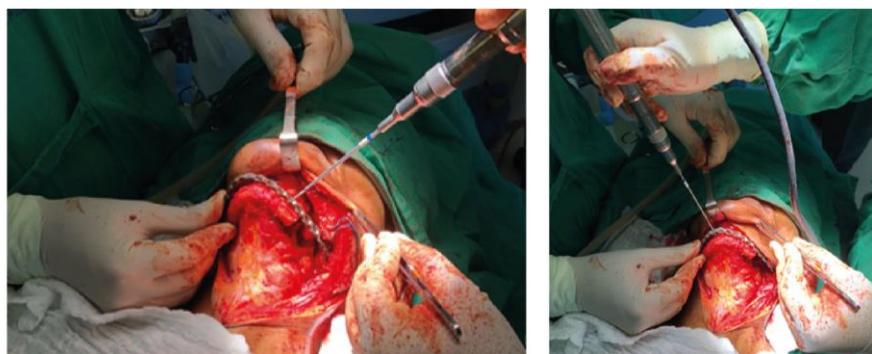
**Figura 9: Planejamento cirurgico**



Fonte: Elaborado pelos autores

Durante o procedimento cirúrgico proposto, verificou-se a dificuldade para a inserção e acoplamento das peças X e Y, devido à necessidade de grande deslocamento e ressecção de partes moles que teriam de ser realizadas dentro da cavidade oral da paciente, com probabilidade de ocasionar sequelas adicionais, como a lesão definitiva de nervos quais sejam o lingual e o ramo marginal do nervo facial esquerdo. Na Figura 10 anterior, demonstra-se a etapa de Posicionamento da placa pré-moldada e Perfuração das corticais para colocação dos parafusos, respectivamente, da esquerda à direita.

**Figura 10: Primeiras etapas cirurgica**

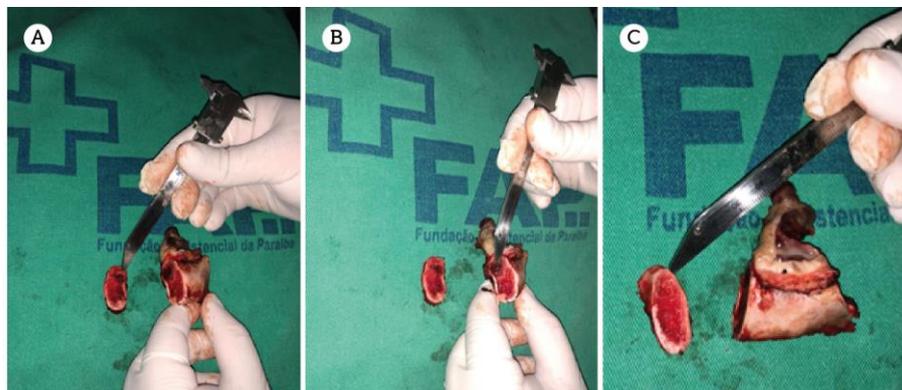


Fonte: Elaborado pelos autores

Dado este fato, no ato cirúrgico modificou-se o emprego das peças e utilizou-se apenas a peça Y (menor) para a realização das osteotomias mandibulares. Mesmo com esta imprevisibilidade, houve uma considerável diminuição de tempo durante a execução do procedimento cirúrgico. Corroborando esta constatação no quesito tempo com o trabalho de Toto et al. (2015), que avaliaram os custos menores, o menor tempo cirúrgico, porém sem maiores diferenças com significância estatística nos resultados e complicações.

Rodby et al. (2014) e Chang et al. (2015) concluíram semelhantemente com outros autores que o planejamento cirúrgico virtual pré-operatório diminuía o tempo cirúrgico e aumentava a acurácia das reconstruções. Macario (2010) demonstrou em seus estudos que o custo mais significativo do cuidado perioperatório se relacionava diretamente com a cirurgia. O ganho de tempo em cirurgias de cabeça e pescoço com os aspectos da pré-moldagem, manufatura aditiva e utilização de biomodelos em cirurgia virtual no Brasil foi observado por Farias et al. (2013). Esses também constataram economia de recursos financeiros com esta diminuição do tempo cirúrgico com um significativo do ponto de vista estatístico, mesmo o trabalho dele não tendo utilizado guias de corte cirúrgico customizados. Além desse fator supracitado, outra situação não percebida na realização da cirurgia virtual foi que a linha de osteotomia prévia deixou neoplasia em atividade no segmento ósseo distal. Assim, procedeu-se à ampliação da margem óssea em região parassinfisária. Concordando-se com os estudos de Sham et al. (2009) que fizeram extensa revisão da literatura mostrando a característica agressiva local do tumor, apesar de sua benignidade (Figura 11).

Figura 11: Extração dos elementos



Fonte: Elaborado pelos autores

Apesar do imprevisto observado já na execução do procedimento cirúrgico, o tempo cirúrgico total foi de 1 hora e 52 minutos, ou seja, um tempo otimizado de procedimento conforme observaram Tsai e Wu (2014) com a realização das fases de pré-moldagem, pré-fixação de placas e parafusos no biomodelo estereolitográfico. Como parte da cirurgia, a paciente ficou com traqueostomia (TQT) protetora de complicações respiratórias, drenagem cervical a vácuo, antibioticoprofilaxia e sonda naso-enteral (SNE) para início de alimentação precoce enquanto a área operada passava por processo de cicatrização, concordando com Pascoal (2007).

O tamanho total do tumor ressecado mesmo com a peça de ampliação foi de 4,6 cm. A literatura tem considerado padrão-ouro nas reconstruções com defeitos ósseos maiores que 5-6 cm, um retalho livre osteocutâneo conforme Hidalgo et al. (1989,2002). Mas na FAP não há

disponível um serviço de microcirurgia reconstrutora para a confecção de retalhos livres na finalidade de cobertura de grandes defeitos pós-ressecções.

Devido ao caráter do granuloma central de células gigantes, que é um tumor ósseo não-odontogênico benigno, mas localmente agressivo segundo relataram Neville et al. (2002) e Mello et al. (2013) optou-se apenas pela aposição da placa de titânio 2,4 mm com fixação de 5 parafusos 12 mm bicorticais. Não houve tempo hábil para avaliação da posição espacial, através de software, das placas e parafusos, embora pela literatura Craig et al. (2015) concluíram que a cirurgia simulada e o uso de guias de corte cirúrgico melhoram o aspecto reconstrutivo pós-ressecção de tumores mandibulares, mas não conseguiram avaliar maiores resultados do ponto de vista clínico. (Figura 12)

Mesmo com os estudos disponíveis sobre o assunto, não se pode deixar de notar a falta de uma padronização através de protocolo para a utilização da prototipagem, ou seja, o caminho padrão que os sujeitos envolvidos no processo devem seguir em busca do melhor resultado possível, seja o financeiro, estético ou oncológico, que variam de um centro de pesquisa para outro.

**Figura 12: Visualização pós-cirurgia**



Fonte: Elaborado pelos autores

## 6. Considerações Finais

Através da manufatura aditiva, pôde-se confeccionar guia de corte cirúrgico customizado (GCCC) para se realizar osteostomias da mandíbula numa paciente acometida por um tumor primário do osso (Ameloblastoma). Com a feitura do CAD e do CAM, conseguiu-se um adequado planejamento da ressecção cirúrgica e determinar os locais exatos das osteotomias, medir o tamanho da neoplasia a ser retirada, modelar adequadamente a placa de titânio que foi usada na reconstrução.

Permitiu-se ainda, tendo em vista a espessura óssea, planejar os melhores tamanhos dos parafusos e as posições dos mesmos que foram inseridos em sua interface placa-mandíbula, tendo sido escolhidos 6 parafusos 12 mm. Ademais, melhorou o conhecimento tridimensional tumoral (toque/visão) e permitiu a visualização pré-operatória do caráter insuflativo do tumor da paciente.

O ato cirúrgico foi executado em conformidade com os melhores protocolos de segurança do paciente cirúrgico, mas houve dificuldades no manuseio e montagem do GCCC, incluindo as rotações ao longo dos eixos 3D. Foram fatores não previstos na fase de execução

CAD/CAM e da cirurgia virtual. Mostrou-se então que nem sempre a execução virtual do procedimento cirúrgico se coadunará com a execução das etapas in vivo, por inúmeros fatores limitantes que poderão se delinear na hora do procedimento. Ainda assim, diante desta adversidade, pôde-se obter aprendizado que culminou com a sugestão da manufatura de novo GCCC, desta vez com perfurações intrínsecas, que permitirão a fixação obrigatória de parafusos ao osso mandibular o que, em tese, diminuiria as rotações. Sugeriu-se a melhoria do acesso da fenestração do GCCC conforme desenho prévio em CAD para passagem da serra recíprocante de corte, facilitando ainda mais a realização das osteotomias.

Pode-se concluir que o GCCC a ser aplicado na cirurgia de cabeça e pescoço deve ser sempre fixado e de preferência moldado às superfícies ósseas afim de evitar deslocamentos nos eixos X-Y-Z da peça e imprecisões nas osteotomias. Sugeriu-se proposição de protocolo de padronização para uso de manufatura aditiva em pacientes com tumores de cabeça e pescoço considerando os aspectos e normativas do SUS.

Por fim, como sugestões para trabalhos futuros, o trabalho mostrou a necessidade de considerar outros itens importantes na confecção de Guias de Cortes Cirúrgicos Customizados (GCCC), quais sejam: Necessidade de acoplamento dos mesmos ao osso (mandíbula) do paciente de maneira transcortical através da fixação de parafusos de titânio. Isso poderá evitar todos os deslocamentos nos eixos 3D que tivemos durante a cirurgia virtual e na cirurgia propriamente dita; importância de angulação na fenestra (segmento de corte do GCCC), para a melhor passagem da serra recíprocante através da mesma, facilitando o procedimento; disponibilidade de parafusos de 12 mm que podem ser autoperfurantes para a finalidade da perfuração óssea transcortical e estabilização da peça cirúrgica à mandíbula; e, perscrutar o comportamento de GCCC manufaturados em metais, como titânio.

## Referências

- ANDERL, H. et al. CT- guided stereolithography as a new tool in craniofacial surgery. *Br. J. Plast. Surg.*, [s.l.], v.47, p.60-64, 1994.
- BAREQUET, G.; SHAPIRO, D.; TAL, A. Multilevel sensitive reconstruction of polyhedral surfaces from parallel slices. *Visual Computer*, [s.l.], v.16, p.116–133, 2000.
- BAREQUET, G.; SHAPIRO, D.; TAL, A. **Printing the Future: the 3-D printing and rapid prototyping source book**. Washington, DC, Castle Island Press, p. 234–240, 2006.
- BAO, T. et al. Utilization of a pre-bent plate-positioning surgical guide system in precise mandibular reconstruction with a fibula free flap. *Oral Oncol.* v75. p.133-139, 2017.
- BIBB, R. et al. **Development of a rapid prototyping design advice system**. *J. Intell. Manuf.*, [s.l.], v.10, p.331–339, 1999.
- BILL, J.S. et al. **Stereolithography in oral and maxillofacial operation planning**. *Int. J. Oral Maxillofac. Surg.*, [s.l.], v.24, p.98– 103, 1995.
- BISDAS, T.; TEEBKEN, O.E. Future perspectives for the hole of 3D rapid prototyping aortic biomodels in vascular medicine. *Vasa Zeitschrift für Gefässkrankheiten. Journal for vascular diseases* [s.l.], v.40, p.427–428, 2011.
- BOSC, R. et al. Mandibular reconstruction after câncer: an in-house approach to manufacturing cutting guides. *Oral and Maxillof. Surg.* V46. P.24-31, 2017.

BOUYSSIÉ, J.F. et al. Stereolithographic models derived from x-ray computed tomography. Reproduction accuracy. **Surg. Radiol. Anat.**,v.19, p.193-199, 1997.

BRASIL. **Conselho Federal de Medicina**. RESOLUÇÃO CFM Nº 1.804/2006 – de. Estabelece normas para a utilização de materiais de implante. Publicada no D.O.U. de 20 dez. 2006, Seção I, p. 158.

BRASIL. **Ministério da Saúde**. Conselho Nacional de Saúde. Resolução Nº 466, de 12 de Dezembro 2012. Disponível em: <http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/cns/2013/res046612122012.html> . Acesso em 12 Jun. de 2016.

BRASIL. **Ministério da Saúde**. Instituto Nacional de Câncer José de Alencar Gomes da Silva INCA . Estimativa 2018: Incidência de Câncer no Brasil. Rio de Janeiro, INCA, 2018. Disponível em: <<http://www1.inca.gov.br/inca/Arquivos/estimativa-2018.pdf>>. Acesso em 02 mar. de 2018.

BRASIL. **Ministério da Saúde**. RDC nº 50, de 21 de fevereiro de 2002. Dispõe sobre o Regulamento Técnico para planejamento, programação, elaboração e avaliação de projetos físicos de estabelecimentos assistenciais de saúde. Diário Oficial da República Federativa do Brasil. Brasília, 20 de mar. de 2002.

BRASIL. **Ministério da Saúde**. RDC nº 15, de 15 de março de 2012. Dispõe sobre requisitos de boas práticas para o processamento de produtos para saúde e dá outras providências. Diário Oficial da República Federativa do Brasil. Brasília, 15 de mar. de 2012.

BRASIL. **Presidência da República**. Casa Civil. Subchefia para Assuntos Jurídicos. Lei Nº 12.732, de 22 de novembro de 2012. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/CCIVIL\\_03/\\_Ato2011-2014/2012/Lei/L12732.htm](http://www.planalto.gov.br/CCIVIL_03/_Ato2011-2014/2012/Lei/L12732.htm) >. Acesso em 30 de Jan. de 2017.

CHANG, E.I. et al. Long-term operative outcomes of preoperative computed tomography-guided virtual surgical planning for osteocutaneous free flap mandible reconstruction. **Am. Soc. of Plast. Surg.**v.137.n.2.p.619-623, 2015.

CHOI, J.Y.; CHOI, J.H.; KIM, N.K. Analysis of errors in medical rapid prototyping models. **J. Oral Maxillofac. Surg.**, [s.l.], v.31, p. 23–32, 2002.

CHRISTENSEN, H.N.; SEDERBERG, T.W. Conversion of complex contour line definitions into polygonal element mosaics. New York, NY: **ACM SIGGRAPH Computer Graphics**, p. 187–192, 1978.

CIOCCA, L. et al. CAD/CAM guided secondary mandibular reconstruction of a discontinuity defect after ablative cancer surgery. **J. Cranio-maxillo-facial Surg.**, v.40, p.511-15, 2012.

COSTA, A.L.C. et al. Câncer de Boca. In: FIGUEIREDO, E.M.A.; CORREA, M.M.; OLIVEIRA, A.F. **Tratado de Oncologia**. 1. ed. Rio de Janeiro: Editora Revinter, v. 1. Cap. 44, p. 429-443, 2013.

COSTA, E.G.; MIGLIORATI, C.A. Câncer bucal: avaliação do tempo decorrente entre a detecção da lesão e o início do tratamento. **Revista Brasileira de Cancerologia**. v.47(a.3):p.283-9, 2001.

COURY, U.L.M.S.M. et al. Protocolo para utilização da Manufatura Aditiva em Pacientes com Tumores de Cabeça e Pescoço. **Rev. Bras. Cir. Cab. Pesc.**, v.46, nº 3, p.140, 2017.

COURY, U.L.M.S.M. **Desenvolvimento de Guia de Corte Cirúrgico Customizado para Mandibulotomia em Cirurgia de Cabeça e Pescoço Através da Manufatura Aditiva**. 2018. 88 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia da Saúde, Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande, 2018.

- CRAIG, E.S. et al. Simulated surgery and cutting guides enhance spatial positioning in free fibular mandibular reconstruction. **Microsurg.** v. 35, p. 29-33, 2015.
- CUNNINGHAM JR, L.L.; MADSEN, M.J.; PETERSON, G. Stereolithographic modeling technology applied to tumor resection. **J. Oral Maxillofac. Surg.** ,[s.l.], v.63, p.873–878, 2005.
- DE SOUZA, M.A. et al. Integrating 3-D reconstruction of tomographic images and rapid prototyping for fabrication of medical models. **Bras. J. Bio. Eng.**, [s.l.], v.19:103–115, 2003.
- EDWARDS, S.P. Computer-assisted craniomaxillofacial surgery. **Oral Maxillofac. Surg. Clin. North Am.** ,[s.l.],v.22, p.117–134, 2010.
- ESSIG, H. et al. Pre-operative planning for mandibular reconstruction – a full digital planning workflow resulting in a patient specific reconstruction. **Head Neck Oncol.** ,[s.l.], p.3-45, 2011.
- FARIAS, T.P. et al. Use of prototyping in pre-operative planning for head and neck tumor patients. **Head & Neck.** v. 36, p. 1773–1782, 2013.
- FOGGIATO, J. A. Use of rapid prototyping in the medical and dental area. **Tech. Human UTFPR**,[s.l.], v.20, p.290–296, 2006.
- GREVERA, G.J.; UDUPA, J.K.; ODHNER, D. An order of magnitude faster isosurface rendering in software on a PC than using dedicated, general purpose rendering hardware. **IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics**,[s.l.],p. 335–345, 2000.
- HANASONO, M.M.; SKORACKI, R.J. Computer-assisted design and rapid prototype modeling in microvascular mandible reconstruction. **Laryngoscope**,[s.l.],v.123,p.597–604, 2013.
- HIDALGO, D.A. et al. Fibula Free Flap: A new method of mandible reconstruction. **Plast. Reconstr. Surg.**, v.84, p.71, 1989.
- HIDALGO, D.A. et al. Free Flap Mandibular Reconstruction: A 10 year follow up study. **Plast. Reconstr. Surg.**, v.110, p.438, 2002.
- HIRSCH, D.L.. Use of computer-aided design and computer-aided manufacturing to produce orthognatically ideal surgical outcomes: a paradigm shift in head and neck reconstruction. **J. Oral Mxillofac. Surg.** v.67, p2115-2122, 2009.
- JELENA, M.; MIROSLAV, T. Medical applications of rapid prototyping. **Mech. Eng.** ,[s.l.],, v.5, p.79–85, 2007.
- JEWER, D.D. et al. Orofacial cases and mandibular reconstruction with the iliac crest free flap: a review of 60 cases and a new method of classification. **Plast. Reconstr. Surg.** v.84, p.391-403, 1989.
- KAI, C.C. et al. Rapid prototyping assisted surgery planning. **Int. J. Adv. Manuf. Technol.** ,[s.l.], v.14, p.624–630, 1998.
- KOWALSKI, L.P. et al. Lateness of diagnosis of oral and oropharyngeal carcinoma: factors related to the tumour, the patient and health professionals. **Eur J Cancer B Oral Oncol.** v. 30B(3), p. 167-73, 1994.
- LAMBRECHT, J.T.; BRIX, F. Individual skull model fabrication for craniofacial surgery. **Cleft Palate Craniofac. J.** ,[s.l.], v.27, p.382–387, 1990.
- LEVINE, J.P. et al. Computer-aided design and manufacturing in craniomaxillofacial surgery: the new state of the art. **J. Craniofac. Surg.** ,[s.l.], v.23, p.288–293, 2012.

- LIMA, A.A.S. et al. Conhecimento de alunos universitários sobre câncer bucal. **Rev. Bras. Cancerol.** v.51(4), p. 283-8, 2005.
- MA, D.; LIN, F.; CHUA, C. Rapid prototyping applications in medicine Part 1: NURBS-based volume modelling. **Int. J. Adv. Manuf. Technol.** ,[s.l.], v.18, p.103– 117, 2001.
- MACARIO, A. What does one minute of operating room time cost? **J. Clin. Anesth.**v.22, p.233-236, 2010.
- MANKOVICH, N.J.; CHEESEMAN, A.M.; STOKER, N.G. The display of three dimensional anatomy with stereolithographic models. **J. Digital Imaging**,[s.l.],v. 3, p.200–203, 1990.
- Materialgeez. **Selective Laser Sintering 2008**. Disponível em:< <http://goo.gl/HjuosV> > Acesso em 10.01.2018.
- MEHRA, P. et al. Use of 3-D stereolithographic models in oral and maxillofacial surgery. **J. Maxillofac. Oral Surg.**,[s.l.],v.10, p.6–13, 2011.
- MENDENHALL, W.M. et al. Ameloblastoma. **Am J Oncol.**v.30, p.645-648, 2007.
- MELLO, L.E.B et al. Tumores ósseos não-odontogênicos – Tumores benignos. In: FIGUEIREDO, E.M.A.; CORREA, M.M.; OLIVEIRA, A.F. **Tratado de Oncologia**. 1. ed. Rio de Janeiro: Editora Revinter, v. 1. Cap. 47, p. 471-479, 2013.
- NEVILLE, B.W.; DAMMA, D.D.; ALLEN, C.M.; BOUQUOT, J.E. In: **Oral and Maxillofacial Pathology**. 2. ed. Philadelphia: Editora WB Saunders. p.522-527, 695-697. 2002.
- NUMAJIRI, T. et al. Low cost design and manufacturing of surgical guides for mandibular reconstruction using a fíbula. **Plast. Reconstr. Surg. Global Open**. p.1-9, 2016.
- PASCOAL, M.B.N. **Análise comparativa entre a ressecção óssea marginal e segmentar da mandíbula no tratamento dos carcinomas epidermóides avançados de loja amigdaliana e região retromolar**. Tese (Tese de Doutorado) - USP: São Paulo. p.78-82, 2007.
- PELLINI, R.; MERCANTE, G.; SPRIANO, G. Step-by-step mandibular reconstruction with free fibula flap modelling. **Acta Otorhinolaryngol. Ital.**v.32, p. 405-409, 2012.
- PETZOLD, R.; ZEILHOFER, H.F.; KALENDER, W.A. Rapid prototyping technology in medicine – basics and applications. **Comp. Med. Imag. and Graph.**v.23. p. 279-284, 1999.
- RODBY, K.A. et al. Advances in oncologic head and neck reconstruction: Systematic review and future considerations of virtual surgical planning and computer aided design/computer aided modeling. **J. Plast. Reconst. And Aest. Surg.**v.67.p.1171-1185, 2014.
- SHAH, J.P., SINGH, B., PATEL, S.G. **Head and Neck Surgery and Oncology**. Ed. 4. Philadelphia: Editora Elsevier, p. 1-11, 2012.
- SHAHAF, B. et al. Importance of Computer-aided design and manufacturing technology in the multidisciplinary approach to Head and Neck reconstruction. **J. of Craniofac. Surg.** v.21.n. 4. P. 1277-1280, 2010.
- SHAM, E. et al. Mandibular ameloblastoma: clinical experience and literature review. **ANZ J. Surg.** v.79. p.739–744, 2009.
- SINK, J. et al. Computer-aided stereolithography for presurgical planning in fibula free tissue reconstruction of the mandible. **J. Resonstr. Microsurg.** v.28, n. 6, p.395-404, 2012.

- SUCCO, G. et al. Step-by-step surgical technique for mandibular reconstruction with fibular free flap; application of digital technology in virtual surgical planning. **Eur. Arch. Otorhinolaryngol.**v. 272, p.1491-1501, 2015.
- SULLIVAN, P.K.; FABIAN, R. DRISCOLL, D. Mandibular osteotomies for tumours extirpation: the advantages of rigid fixation. **Laryngoscope.** v.102, p. 73-80, 1992.
- TARSITANO et al.The CAD-CAM technique for mandibular reconstruction: an 18 patients oncological case-series. **J. Cranio-maxillo-fac. Surg.**, v.42, p.1460-1464, 2014.
- TOTO, J.M. Improved operative efficiency of free fibula flap mandible reconstruction with patient-specific, computer-guided preoperative planning. **Head Neck.**v. 37, p.1660-1664, 2015.
- TSAI, M.J.; WU, C.T. Study of mandible reconstruction using a fibula flap with application of additive manufacturing technology. **BioMed. Eng. Online.** v.13:57, p.1-15, 2014.
- VILAR, C.M.C.; MARTINS, I.M. Câncer de cabeça e pescoço. In: VIEIRA, S.C. et al. **Oncologia Básica.** Ed. 1, p. 9-22. Teresina: Fundação Quixote, 2012.
- WANG, Y.Y. et al. Mandibular reconstruction with the vascularized fibula flap: comparison of virtual planning surgery and conventional surgery. **J. Oral Maxillofac. Surg.** v.45, p. 1400-1405, 2016.
- WESTRA, W. The changing face of Head and Neck Cancer in the 21st Century: the impact of HPV on the epidemiology and Pathology of oral cancer. **Head and Neck Patol.** v.3, p.78-81, 2009.
- WINDER, J.; BIBB, R. Medical rapid prototyping technologies: state of the art and current limitations for application in oral and maxillofacial surgery. **J. Oral Maxillofac. Surg.**,[s.l.],v.63, p.1006–1015, 2005.
- WONG, T.Y. et al. Comparison of 2 methods of making surgical models for correction of facial asymmetry. **J. Oral Maxillofac. Surg.** ,[s.l.],v.63, p.200–208, 2005.
- WULFF, J. et al. Anatomical accuracy in medical 3D modeling. **Stud. Health Technol. Inform.**, [s.l.], v.81, p.584–586, 2001.
- YEONG, W.Y. et al. Rapid prototyping in tissue engineering: challenges and potential. **Trends Biotechnol.**,[s.l.],v.22:643–652, 2004.
- ZHAO, L.; PATEL, P.K.; COHEN, M. Application of virtual surgical planning with computer assisted design and manufacturing technology to craniomaxillofacial surgery. **Arch. Plast. Surg.** ,[s.l.],, v.39, p.309–316, 2012.
- ZWEIFEL, D.F. et al.; Are virtual planning and guided surgery for head and neck reconstruction economically viable? **J. Oral Maxillofac. Surg.**, v.73, p.170-175, 2014.