

# Eficácia do Fluxo Digital da Cirurgia Guiada na Colocação de Implantes Zigomáticos

Francisco Oliveira Rodrigues

Dissertação conducente ao Grau de Mestre em  
Medicina Dentária (Ciclo Integrado)

Gandra, 5 de junho de 2020

Francisco Oliveira Rodrigues

Dissertação conducente ao Grau de Mestre em  
Medicina Dentária (Ciclo Integrado)

## Eficácia do Fluxo Digital da Cirurgia Guiada na Colocação de Implantes Zigomáticos

Trabalho realizado sob a Orientação de Prof. Doutor José Manuel Mendes

## Declaração de Integridade

Eu, acima identificado, declaro ter atuado com absoluta integridade na elaboração deste trabalho, confirmo que em todo o trabalho conducente à sua elaboração não recorri a qualquer forma de falsificação de resultados ou à prática de plágio (ato pelo qual um indivíduo, mesmo por omissão, assume a autoria do trabalho intelectual pertencente a outrem, na sua totalidade ou em partes dele). Mais declaro que todas as frases que retirei de trabalhos anteriores pertencentes a outros autores foram referenciadas ou redigidas com novas palavras, tendo neste caso colocado a citação da fonte bibliográfica.



## Declaração do Orientador

Eu, **José Manuel da Silva Mendes**, com a categoria profissional de Professor Auxiliar do Instituto Universitário de Ciências da Saúde, tendo assumido o papel de Orientador da Dissertação intitulada *“Eficácia do fluxo digital na cirurgia guiada na colocação de implantes zigomáticos”*, do Aluno do Mestrado Integrado em Medicina Dentária, Francisco Oliveira Rodrigues, declaro que sou de parecer favorável para que a Dissertação possa ser depositada para análise do Arguente do Júri nomeado para o efeito para Admissão a provas públicas conducentes à obtenção do Grau de Mestre.

Gandra, 5 de Junho de 2020

José Manuel Mendes

(Orientador)



## AGRADECIMENTOS

Desejo exprimir os meus agradecimentos a todos aqueles que de alguma maneira permitiram a concretização desta tese e a conclusão desta etapa de vida.

Ao orientador, Professor Doutor José Manuel Mendes, agradeço a atenção, a disponibilidade, a confiança e o conhecimento que depositou durante toda a realização da minha dissertação.

Aos meus pais, João Rodrigues e Cecília Oliveira, agradeço o incansável esforço para garantirem que realizasse este Mestrado Integrado em Medicina Dentária no IUCS. A eles, deve-lhos a vida, os valores e as experiências. A persistência, a determinação, e o amor inculcados foram marcantes nesta fase.

Aos meus avós, Armando Miranda e Estrela Cordeiro, agradeço o sentido de humanidade que me revelaram com a vossa humildade, coragem e vontade de viver.

Ao meu irmão, Alexandre Rodrigues, agradeço por ser sempre um bom ouvinte e conselheiro. A sua perspicácia nos detalhes foram a chave de muitos desafios.

Aos meus irmãos, Gabriel e Maria, agradeço a autenticidade de serem crianças, e os sorrisos sinceros e despreocupados que deram cor a esta fase.

Ao meu grande amigo, João Paulo (Jota), agradeço por ser o companheiro das minhas maiores aventuras e por haver sempre espaço para mais uma conversa e uma guitarra.

Aos meus colegas de curso, agradeço as partilhas de conhecimento, a cooperação e o espírito académico.

Queria destacar mais umas pessoas que marcaram a minha vida ao longo deste percurso e que sem elas não seria possível tudo isto se concretizar. A Arlete Luvula, a Rita Paiva, o Gustavo Torres, a Andreia Rodrigues e a Isabel Silva, que à sua maneira permitiram que desenvolvesse qualidades e características que desconhecia da minha personalidade.

A todos os que se cruzaram comigo, no mais profundo significado da palavra, OBRIGADO!



## RESUMO

Vários sistemas digitais e softwares de cirurgia guiada foram introduzidos no mercado para a colocação de implantes no osso zigomático. Neste contexto, trabalhos científicos têm estudado a precisão desta aplicação. O objetivo deste estudo é verificar a eficácia da cirurgia guiada na reabilitação oral com implantes zigomáticos.

A pesquisa realizou-se através da Pubmed, baseando-se nas palavras-chaves: "dental implant", "guided surgery", "zygomatic bone", "planning", "insertion", "digital work", "three dimensional imaging", "computer assisted surgery", "stereolithography".

Num total de 18 artigos, 7 registaram desvios entre o planeamento do implante zigomático pré-operatório e a localização do implante pós-operatório. Dois estudos in vitro, aplicando o programa BeiDou<sup>®</sup> relataram desvios médios no ponto de entrada, saída e angular de 1.20 mm, 1.73 mm e 1.65°, respetivamente. De três estudos ex vivo: um avaliou a visão ântero-posterior e a visão caudal-craniana de  $8.06 \pm 6.40^\circ$  e  $11.20 \pm 9.75^\circ$ , respetivamente, a partir da DentalSlice<sup>®</sup>; noutro estudo o desvio angular médio foi de 2.74°, com o LITORIM<sup>®</sup>; e o último registou valores médios de 6°, com o SIMPLANT<sup>®</sup>. Em dois estudos in vivo: um protocolo foi realizado num paciente com resultados para os desvios médios de entrada, saída e angular de 1.1 mm, 1.2 mm e 1.4°, através do iPLAN<sup>®</sup>; o outro protocolo, juntou 29 pacientes registando: 2.8 mm, 4.5 mm; 5.1°, respetivamente, a partir do SIMPLANT<sup>®</sup>.

Embora existam resultados promissores desta técnica, mais estudos de precisão terão de ser realizados de maneira que forneçam evidencia científica que sustente a implementação desta técnica cirúrgica mais rotineiramente em ambiente clínico.

Palavras-chave: "dental implant", "guided surgery", "zygomatic bone", "planning", "insertion", "digital work", "three-dimensional imaging", "computer assisted surgery", "stereolithography".



## ABSTRAT

Several digital systems and guided surgery software have been introduced to the market for placing implants on the zygomatic bone. In this context, scientific studies have studied the accuracy of this application. The aim of this study is to verify the effectiveness of guided surgery in oral rehabilitation with zygomatic implants.

The research was performed on the Pubmed based on the keywords: "dental implant", "guided surgery", "zygomatic bone", "planning", "insertion", "digital work", "three-dimensional imaging", "Computer assisted surgery", "stereolithography".

In a total of 18 articles, 7 recorded deviations between the planning of the preoperative zygomatic implant and the location of the postoperative implant. Two in vitro studies using the BeiDou<sup>®</sup> program reported mean input, output and angular deviations of 1.20 mm, 1.73 mm and 1.65°, respectively. From three ex vivo studies: one evaluated the anteroposterior view and the caudal-cranial view of  $8.06 \pm 6.40^\circ$  and  $11.20 \pm 9.75^\circ$ , respectively, from DentalSlice<sup>®</sup>; in another study, the mean angular deviation was 2.74° from LITORIM<sup>®</sup>; and the last registered average values of 6° from SIMPLANT<sup>®</sup>. In two in vivo studies: a protocol was performed on a patient with results for the mean input, output and angular deviations of 1.1 mm, 1.2 mm and 1.4°, using iPLAN<sup>®</sup>; the other protocol, joined 29 patients registering: 2.8 mm; 4.5 mm; 5.1 °, respectively, from SIMPLANT<sup>®</sup>.

Although there are promising results of this technique, more precision studies will have to be carried out to implement this surgical technique more routinely in a clinical setting.

Keywords: "dental implant", "guided surgery", "zygomatic bone", "planning", "insertion", "digital work", "three-dimensional imaging", "computer assisted surgery", "stereolithography".



## ÍNDICE

### *“Eficácia do fluxo digital na cirurgia guiada na colocação de implantes zigomáticos”*

1.	INTRODUÇÃO .....	1
2.	OBJECTIVO.....	3
3.	MATERIAIS E MÉTODOS.....	3
4.	DESENVOLVIMENTO .....	5
4.1.	O QUOTIDIANO DA IMPLANTOLOGIA .....	5
4.2.	A IMPLANTOLOGIA E A GERAÇÃO DOS IMPLANTES ZIGOMÁTICOS.....	5
4.3.	ABORDAGENS CIRÚRGICAS NA COLOCAÇÃO DIGITAL DOS IMPLANTES ZIGOMÁTICOS .....	7
4.4.	AVALIAÇÃO DA PRECISÃO/EFICÁCIA DA CIRURGIA GUIADA EM IMPLANTES ZIGOMÁTICOS.....	10
4.5.	CONSIDERAÇÕES ESPECIAIS SOBRE A REABILITAÇÃO DO MAXILAR COM IMPLANTES ZIGOMÁTICOS.....	11
5.	RESULTADOS.....	12
6.	DISCUSSÃO DOS RESULTADOS.....	21
7.	CONCLUSÃO.....	22
8.	BIBLIOGRAFIA.....	23



## SIGLAS

**IZ(s)** - Implante(s) zigomático(s)

**OZ** - Osso zigomático

**TC 3D** - Tomografia computadorizada tridimensional

**CAD/CAM** – Digitalização por computador/processamento por computador (computer-aided design/computer-aided manufacturing)

**SNS** - Sistema de navegação cirúrgica

**CTZ** - Técnica clássica implantes zigomáticos

**ZAGA** – Abordagem guiada de anatomia zigomática

**LE** - Distância normal entre o eixo perpendicular planeado e do real do implante zigomático

**AE** - Ângulo de desvio entre o eixo do implante zigomático previsto e o real

**CBCT** – Tomografia computadorizada de feixe cónico



## 1. INTRODUÇÃO

A reabilitação oral, protética e maxilofacial, através de implantes osteointegrados é uma alternativa de tratamento altamente previsível em pacientes com atrofia maxilar severa.<sup>1</sup> O desenvolvimento da implantologia aumentou as opções disponíveis para o tratamento do edentulismo total e parcial.<sup>2</sup> Os implantes osteointegrados são um método bem-sucedido para a substituição de dentes perdidos.<sup>2</sup>

Com a introdução dos implantes zigomáticos por Brånemark, em 1988, propôs-se uma nova via de tratamento que evita a necessidade de elevação do seio maxilar.<sup>1</sup> O objetivo do implante zigomático é conseguir uma dupla ancoragem, tanto no osso zigomático como na maxila.<sup>3</sup>

O planeamento meticuloso pré-operatório dos implantes zigomáticos é essencial por ser um tipo de cirurgia mais complexa e difícil do que o planeamento convencional de implantes orais.<sup>3</sup> É imprescindível ter recursos de diagnóstico que reflitam com precisão a área a ser operada em tamanho, volume, forma e densidade do osso alveolar, de forma a evitar danos nas estruturas vitais anatómicas durante a manipulação cirúrgica.<sup>2</sup> Áreas como o seio maxilar e dentes adjacentes, devem ser consideradas antes da cirurgia.<sup>4</sup> Para além disso, o planeamento pré cirúrgico é necessário para obter excelentes resultados estéticos e funcionais.<sup>4</sup>

Neste procedimento, o tradicional exame clínico fornece informações muito limitadas, no entanto, são relevantes para uma melhoria do resultado em determinadas áreas.<sup>3</sup> As radiografias dentárias convencionais (panorâmicas e periapicais) comumente usadas no planeamento do tratamento do implante são também limitadas pelas suas características de ampliação e distorção, bem como pela falta de nitidez da imagem.<sup>4</sup>

A programação cirúrgica é aplicada na cirurgia de implantes maxilofaciais e orais, e tem sido descrita para a colocação de implantes de zigomáticos.<sup>3</sup> No planeamento tridimensional (3D) do tratamento com implantes deve-se ter em conta a qualidade e a quantidade das condições ósseas e as considerações protéticas necessárias.<sup>1,3,5</sup>

A tomografia computadorizada (TC) é um desses procedimentos de diagnóstico, que oferece uma melhor visualização das estruturas do que qualquer outro método radiológico.<sup>2</sup>

Especialmente quando se trata de cirurgias mais extensas ou complexas, o uso de dados de TC em espiral pode ser recomendado.<sup>3</sup> Este último permite o uso de software dedicado para modelagem 3D, planeamento interativo e simulação da cirurgia com implantes, conforme desenvolvido em meados da década de 1990.<sup>3</sup>

A transferência física do planeamento para o paciente realiza-se a partir da técnica que usa a tomografia computadorizada do pré-operatório com o uso de uma guia cirúrgica personalizada produzida por uma impressora estereolitográfica.<sup>1</sup> Assim, os modelos de perfuração personalizados são fabricados permitindo a incorporação de todos os fatores biomecânicos, estéticos e anatómicos pré-determinados, durante o procedimento cirúrgico.<sup>3</sup>

O comprimento dos implantes zigomáticos varia entre 30–55 mm que é 3 a 4 vezes maior que o comprimento dos implantes comuns utilizados na implantologia oral, o que origina desvios angulares mínimos que podem levar a importantes discrepâncias nas extremidades.<sup>3</sup> Assim como, a trajetória do implante a ser seguida é complementada pela anatomia da curva do seio maxilar e pela variabilidade e tamanho relativamente ao osso zigomático.<sup>3</sup>

A precisão da transferência do plano pré-operatório para o campo cirúrgico é ainda mais crucial na instalação de implantes zigomáticos.<sup>1,3</sup> Embora existam várias ferramentas de planeamento de implantes zigomáticos, a validação clínica e a avaliação de sua precisão e confiabilidade “in vivo” continuam sendo realizadas.<sup>3</sup>

## 2. OBJECTIVO

O objetivo consiste em verificar a eficácia/precisão do fluxo digital utilizado em cirurgia guiada na reabilitação oral com implantes zigomáticos.

## 3. MATERIAIS E MÉTODOS

A pesquisa bibliográfica realizou-se através do banco de dados da plataforma Pubmed, iniciada a Outubro, 2019. A busca dos artigos científicos baseou-se nas seguintes palavras-chaves: "dental implant", "guided surgery", "zygomatic bone", "planning", "insertion", "digital work", "three dimensional imaging", "computer assisted surgery", "stereolithography".

Os critérios de inclusão abrangeram artigos científicos publicados entre 2000 e 2019 nos idiomas Português, Inglês e Alemão com casos clínicos usando técnicas relacionadas com a temática abordada e artigos científicos de revisão de literatura relatando informação relevante de acordo com as palavras-chave e direcionado à tese.

Por este motivo, foram excluídos artigos científicos publicados até 2000, artigos científicos não relacionados com o tema principal a abordar, artigos científicos repetidos, não acessíveis e noutra idioma que não selecionado nos critérios de inclusão.

Na primeira pesquisa resultou uma seleção total de 87 artigos encontrados com as várias combinações de palavras-chaves. Destes artigos foram selecionados 29 artigos a partir do título e resumo. Na fase seguinte de seleção aplicaram-se os critérios de inclusão e exclusão. Foram excluídos 11 artigos e obtiveram-se 18 artigos para leitura integral do conteúdo dos estudos de forma a sustentar esta revisão sistemática.

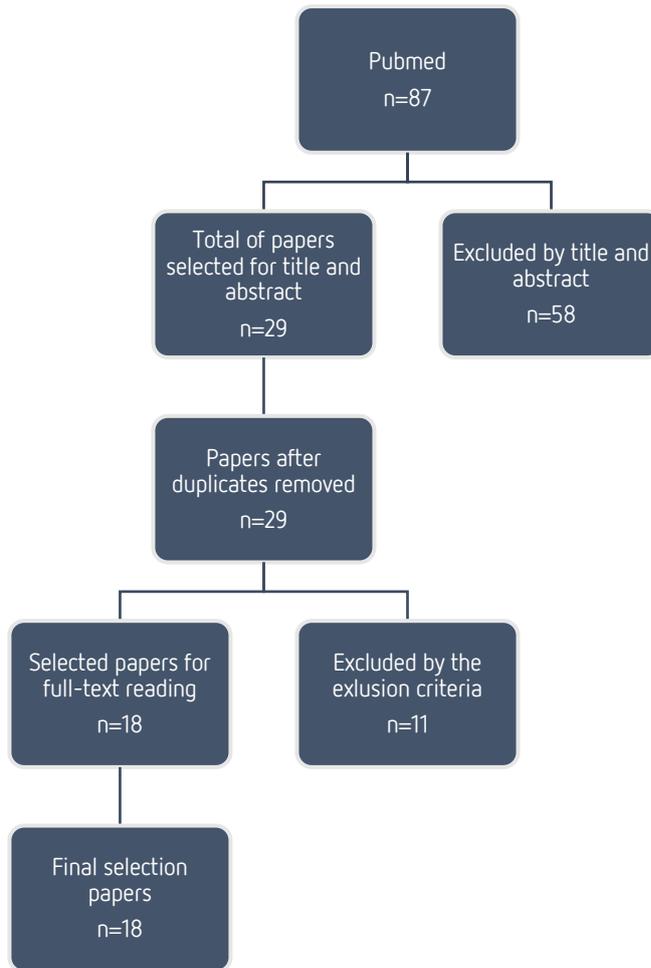


Fig.1.: Flow diagram of the search strategy used in this study

## 4. DESENVOLVIMENTO

### 4.1. O QUOTIDIANO DA IMPLANTOLOGIA

A procura em tornar o tratamento com implantes dentários uma experiência agradável para cada paciente tem sido um desafio. Isto porque, ser mais aceite e mais confortável para os pacientes é o principal objetivo.<sup>6</sup>

Com o envelhecimento da população, a necessidade de tratamento dentário parcial ou total de pacientes desdentados tende a aumentar. Cada vez mais, os idosos são socialmente e fisicamente ativos por mais tempo. Assim sendo, pretendem uma alta qualidade de vida. Um aspeto importante da qualidade de vida é uma dentição saudável. Os planos de tratamentos dentários, muitas vezes, incluem a colocação de implantes, que por sua vez requerem quantidade óssea suficiente. No entanto, os idosos, geralmente, não têm a quantidade de osso necessária para a colocação de implantes. Além disso, os pacientes idosos são candidatos potencialmente mais vulneráveis para aumento ósseo, devido à sua taxa metabólica e capacidade de regeneração estar diminuída. Assim, os médicos dentistas são confrontados com a necessidade de diferentes soluções para realizar reabilitações com próteses não removíveis.<sup>7</sup>

Os aumentos das expectativas dos pacientes, justificam investimentos na aquisição de conhecimento sobre novas técnicas, incluindo o aprimoramento do planeamento de uma técnica que conduza a uma melhor qualidade de vida. Devemos ter em consideração que, em termos fisiológicos, cada paciente possui características métricas cranianas individuais.<sup>2</sup>

### 4.2. A IMPLANTOLOGIA E A GERAÇÃO DOS IMPLANTES ZIGOMÁTICOS

O implante zigomático foi desenhado por Brånemark, em 1988, para aquelas situações em que há osso insuficiente ou para maxilas severamente atroficas. O osso zigomático é excelente para a fixação de implantes. Vários autores concordam que, a qualidade do osso zigomático é superior ao da região posterior da maxila, e a porção cortical do osso zigomático para a ancoragem de implantes é muito importante. Além disso, os implantes zigomáticos exibem a estabilidade primária inicial, uma vez que foi demonstrado que a área óssea zigomática onde o implante é inserido tem uma área mais larga e mais espessa de osso trabecular. No entanto, a colocação do implante no osso zigomático pode ser difícil devido à anatomia variável e, pelos diferentes graus de atrofia possíveis na região maxilofacial. A técnica não é realizada sem risco porque a osteotomia é efetuada perto de estruturas anatómicas nobres.<sup>4</sup> Hoje em dia, o tratamento de implantes dentário



é definido pelos seguintes fatores: experiência atraumática, cirurgia minimamente invasiva e função imediata.<sup>6</sup>

Várias técnicas têm sido descritas para recuperar maxilas atroficas, incluindo o uso de implantes inclinados na região parasinusal, implantes na apófise pterigoidea, enxerto do assoalho do seio maxilar, o uso de implantes curtos ou longos, diferentes tipos de enxertos e implantes zigomáticos.<sup>4</sup>

Os implantes zigomáticos provaram ser uma opção eficaz para a reabilitação de pacientes com grandes defeitos maxilares causados por reabsorções, ressecções de tumores, traumas, e doenças congénitas.<sup>5,8</sup> No entanto, estes implantes não podem ser usados quando a qualidade do osso zigomático é insatisfatória ou insuficiente após uma maxilectomia.<sup>8</sup>

O desenvolvimento da implantologia evoluiu para uma cirurgia de precisão. Com uma cirurgia precisa, a extensão do procedimento cirúrgico é reduzida e o protocolo de carga imediata é facilitada. Existem duas maneiras diferentes de realizar carga imediata: métodos de 1 estágio (Brånemark Novum e Teeth-in-an-Hour) ou 2 estágios (All-on-4 e "Hong Kong Bridge"). O método usado deve ter como fator crítico de escolha a estabilidade inicial do implante. A introdução de cirurgia de primeiro estágio, cirurgia sem retalho e implantação imediata permite que os médicos dentistas ofereçam uma cirurgia minimamente invasiva com um resultado previsível. O conceito de função imediata, inclui: estética e carga oclusal imediata. Sabe-se que a restauração imediata após a colocação dos implantes pode melhorar a estética. De facto, fornecer aos pacientes uma prótese definitiva no momento da colocação dos implantes dentários é o objetivo final do tratamento avançado dos implantes dentários. Em comparação com os principais procedimentos de aumento de crista óssea, os implantes zigomáticos são menos traumáticos com menor tempo de tratamento.<sup>6</sup>

A colocação de implantes zigomáticos é um procedimento cirúrgico complexo, com o objetivo de inserção de implantes através da maxila posterior, no osso zigomático para obter uma ancoragem constante quando a maxila anterior não oferece volume ósseo suficiente. A força da ancoragem no osso zigomático compensa a má qualidade do osso, principalmente o tipo IV, na maxila posterior.<sup>3</sup>

A dimensão do implante e a complexa anatomia da face média são indicadores de exigências especiais à inserção precisa e segura dos implantes zigomáticos.<sup>5</sup>

A redução do tempo da intervenção cirúrgica, a redução de sequelas pós-operatórias, evitando o enxerto ósseo, facilitando o protocolo de carga imediata e ainda a possibilidade



de tratamento de pacientes medicamente comprometidos (anticoagulantes, bisfosfonatos, entre outros) ou pacientes com ansiedade, são vantagens da cirurgia guiada sem retalho. Por outro lado, existe a desvantagem da falta de visibilidade e controlo táctil durante a cirurgia por ser um procedimento em que há uma insuficiente abertura da boca, aumentando o risco cirúrgico de danificar estruturas anatómicas vitais.<sup>9</sup>

Atualmente, para aplicar esta técnica cirúrgica de colocação de implantes zigomáticos temos duas abordagens clínicas, que se destacam por serem mais sofisticadas e por se realizarem na base digital: a cirurgia guiada minimamente invasiva através da utilização de guias de brocas realizadas a partir de prototipagem estereolitográfica e a abordagem do sistema de navegação cirúrgica computadorizada (SNS).<sup>9,10</sup>

#### 4.3. ABORDAGENS CIRURGICAS NA COLOCAÇÃO DIGITAL DOS IMPLANTES ZIGOMÁTICOS

A abordagem do sistema de cirurgia guiada estereolitográfica consiste principalmente na produção de uma guia cirúrgica para a colocação dos implantes zigomáticos, chaves de diferentes alturas, e brocas calibradas de profundidade para preparar as osteotomias.<sup>9</sup> O planeamento pré-cirúrgico de implantes dentários é crucial para o sucesso do tratamento a longo prazo. Para a colocação dos implantes zigomáticos, o procedimento cirúrgico complexo e a anatomia variável do osso zigomático incentivam o uso de um sistema de planeamento de tomografia computadorizada (TC 3D) validado e as guias de osteotomia devem ser modelos derivados de TC 3D com ajuste ósseo, para obter a transferência ideal desse planeamento para o campo cirúrgico.<sup>2,3</sup>

A tomografia computadorizada 3D (TC 3D) é o exame pré-operatório primário para este tipo de implantes e fixações zigomáticas, especialmente em situações com limitações anatómicas, dimensões ósseas insuficientes, e densidade óssea pobre. Dada uma visualização apropriada, as imagens de TC 3D fornecem uma representação topográfica anatómica complexa que deve ser respeitada ao decidir a trajetória de um implante zigomático. A TC 3D permite que as estruturas ósseas sejam seguidas ao longo da trajetória na colocação do implante. Ainda que, a irradiação envolvida, as despesas incorridas, especialmente na fabricação de modelos estereolitográficos e as guias cirúrgicas sejam elevadas, parecem justificadas considerando os altos riscos associados à colocação de implantes, tão longos, no osso zigomático.<sup>2,3</sup>

As imagens de TC 3D aumentam a correlação entre o planeamento da cirurgia e a colocação do implante real em comparação com métodos radiográficos convencionais. Atualmente, alguns sistemas de software usam tomografias para ajudar na cirurgia de planeamento e para produzir guias cirúrgicas. Estas guias são fabricadas de maneira a que elas coincidam com o local, a trajetória, e a profundidade do implante planeado com um alto grau de precisão. À medida que o médico dentista coloca os implantes, as guias



estabilizam a osteotomia, restringindo os graus de liberdade da trajetória de perfuração e profundidade. Estudos anteriores concluíram que o planeamento 3D resulta no posicionamento do implante com biomecânica e estética melhoradas. O uso deste sistema geralmente evita várias complicações tais como: complicações vasculares, perfurações, sinusite, fenestrações ou deiscências. Além disso, o programa CAD/CAM pode melhorar a associação entre o planeamento de implantes dentários e a inserção dos mesmos.<sup>4,10</sup>

Esta abordagem técnica combina tomografia computadorizada pré-operatória com o uso de um guia cirúrgico personalizado produzido por estereolitografia. Uma vez que o implante está previsto, a sua angulação ainda pode ser ajustada e as suas dimensões adaptadas para obter a melhor posição do implante. O objetivo é criar uma guia cirúrgica individualizada que é adequada ao paciente e ao perfil do osso a partir da tecnologia estereolitográfica. A guia de osteotomia é constituída por um esqueleto de resina com aberturas cilíndricas em que os tubos de aço inoxidável podem ser instalados. A posição e direcção corresponde exactamente à posição e orientação dos implantes planeados. Esta guia cirúrgica é colocada sobre o maxilar e é fixo com implantes e/ou parafusos de osteossíntese. Em seguida, os procedimentos de osteotomia são realizados com a utilização de brocas apropriadas.<sup>10</sup>

A tecnologia de estereolitografia (SLA) é constituída por uma cuba contendo uma resina fotopolimerizável líquida. Um laser montado no topo da tina, move-se em incrementos sequenciais de direcção transversal de 1 mm, que corresponde aos intervalos de fatia especificados durante o processo da formatação da TC 3D. Quando o laser polimeriza a camada de resina superficial de contacto, a primeira fatia é completada. De seguida uma tabela mecânica imediatamente abaixo da superfície de contacto move-se em incrementos de 1 mm, transportando a camada de resina previamente polimerizada do modelo. O laser, subseqüentemente, polimeriza a próxima camada adjacente à camada previamente polimerizada. Desta forma, é criado um modelo de SLA completo da maxila e os guias cirúrgicos.<sup>4</sup>

A abordagem do sistema de navegação cirúrgica assistida por computador (SNS) é o uso de tecnologia de rastreamento, que regista continuamente a posição do paciente e ferramentas cirúrgicas por meio de sensores especiais. O uso de um sistema de navegação cirúrgica assistida por computador para colocar especificamente IZs foi introduzido pela primeira vez por Schramm et al.<sup>5</sup> Com base em dados de tomografia computadorizada espiral, um sistema de navegação pode ser instalado para o planeamento pré-operatório e controlo intra-operatório de inserção dos implantes. O planeamento pré-operatório é suportado por visualização 3D dos locais anatómicos e posicionamento virtual dos implantes. Para calcular uma transformação matemática que transmita o sistema de TC para coordenar o paciente, um LED emissor de matriz pode ser ligado ao crânio ou directamente para a maxila do paciente. Todos os dados de posição de ferramentas cirúrgicas são relatadas em relação à posição dessa matriz emissora. A visualização constante da trajetória de perfuração pode ser realizada através da tela do



computador, assim como o desvio da posição do plano pré-operatório é detectado e exibido em tempo real. Ao orientar a broca na direcção pretendida, o procedimento clínico da colocação do implante pode ser realizada com uma precisão melhorada.<sup>10</sup>

Atualmente, a cirurgia assistida por computador é uma ferramenta eficaz do assistente clínico para planeamento pré-operacional, para implementação e para a avaliação da cirurgia.<sup>11</sup> Alguns autores têm enfatizado os benefícios desta técnica cirúrgica em guiar a colocação de implantes zigomáticos com a orientação através de um sistema de navegação cirúrgica em tempo real, garantindo que o risco potencial de atingimento de uma estrutura anatómica crítica pode ser minimizado, a precisão da posição do implante planeado pode ser alcançada, mínima invasividade pode ser realizada, e vários implantes zigomáticos podem ser colocados para conseguir uma melhor ancoragem para suportar uma prótese.<sup>12</sup> Com o uso de sistemas de medição de posição (sistemas de rastreamento), podem ser obtidas as posições relativas entre os instrumentos cirúrgicos, a anatomia do paciente e o percurso planeado com base em imagens pré-operatórias, garantindo a precisão e a confiabilidade da operação. Desde que foi proposto o conceito de sistema de navegação cirúrgica (SNS), houve um grande progresso nessa tecnologia, no campo da neurocirurgia, otorrinolaringologia, ortopedia e até mesmo em algumas cirurgias de tecidos moles.<sup>11</sup>

#### 4.4. AVALIAÇÃO DA PRECISÃO/EFICÁCIA DA CIRURGIA GUIADA EM IMPLANTES ZIGOMÁTICOS

Para avaliar a precisão usando a cirurgia guiada, o desvio entre o planeamento pré-operatório dos implantes e a posição dos implantes no pós-operatório tem que ser avaliado. É muito útil fazer coincidir uma tomografia computadorizada do pós-operatório com o planeamento pré-operatório. Geralmente, devem ser medidos o desvio global, angular, de profundidade, e o desvio lateral. O desvio global é definido como a distância entre o centro 3D coronal (ou apical) dos implantes planeados e colocados correspondentemente. O desvio angular é calculado com o ângulo tridimensional entre o eixo longitudinal do implante planeado e colocado. Para estabelecer o desvio lateral, um plano perpendicular ao eixo longitudinal do implante de planeamento deve ser traçado e através do centro coronal (ou apical) é definido como plano de referência. O desvio lateral é definido com a distância entre o centro coronal (ou apical) do implante planeado e o ponto de intersecção do eixo longitudinal do implante colocado com plano de referência. O desvio de profundidade é a distância entre o centro coronal (ou apical) do implante planeado e o ponto de intersecção do eixo longitudinal do implante planeado com um plano paralelo ao plano de referência através do centro coronal (ou apical) do implante colocado. A precisão total é a soma de todos os erros encontrados durante todo o processo de produção do modelo e a aplicação clínica. De notar que estes implantes possuem 3 a 4 vezes mais o comprimento de um implante regular, significa que um desvio mínimo implicará desvios importantes nas extremidades.<sup>9</sup>

Muitos estudos foram feitos, e através de modelos estereolitográficos pode-se localizar o ponto de entrada conforme o planeado, contudo, quanto ao ponto de saída é inevitável não haver desvios significativos. A falta de precisão, no que diz respeito ao ponto de saída parece estar relacionado com os seguintes factores:

- (1) o acesso limitado e pobre visibilidade durante a cirurgia;
- (2) a flexibilidade das longas brocas para realizar a osteotomia no osso zigomático;
- (3) a curva da superfície óssea irregular na base do osso zigomático ao redor da área de saída.<sup>13</sup>



#### 4.5. CONSIDERAÇÕES ESPECIAIS SOBRE A REABILITAÇÃO DO MAXILAR COM IMPLANTES ZIGOMÁTICOS

A localização da cabeça do implante zigomático deve ter em conta as considerações de orientação protética a fim de alcançar a biomecânica favorável, facilitar a manutenção da higiene e evitar complicações. A localização do ápice do implante zigomático deve maximizar a ancoragem óssea, aumentar a estabilidade inicial, e evitar o atingimento da órbita.<sup>13</sup>

Independentemente do tamanho ou localização do defeito maxilar, e independentemente do número e posição dos dentes restantes, o princípio básico é obter o máximo suporte para a reabilitação oral. A prótese é suportada pelos tecidos moles circundantes e implantes. A reconstrução satisfatória do defeito é avaliada pela fonação e ausência de vazamento nasal durante a deglutição. As instruções pós-colocação devem incluir recomendações para a frequência de remoção e limpeza da estrutura híbrida. Como o paciente utilizará a prótese 24 horas por dia, os procedimentos de higiene da estrutura protética devem ser enfatizados a cada visita de acompanhamento para evitar complicações dos tecidos moles e outras patologias.<sup>14</sup>

## 5. RESULTADOS

O modelo de tomografia computadorizada é a principal chave para o sistema porque permite a transferência da configuração protética pré-determinada para o planeamento de implantes reais. O modelo de digitalização é uma réplica exata do resultado protético desejado permitindo ao médico dentista o planeamento de implantes com base no resultado protético desejado. Portanto, o plano de tratamento é orientado pelo resultado final da prótese, originando um resultado mais previsível.

Muitos estudos avaliaram a magnitude do erro/precisão na transferência da posição planeada de implantes através da tomografia computadorizada para um guia cirúrgico na colocação de implantes zigomáticos:

Vrielinck et al, realizaram um estudo com 29 pacientes (9 homens e 20 mulheres) de idade média 56,4 anos (entre 37-71), todos desdentados há mais de 1 ano. Nesse estudo, foram colocados implantes zigomáticos, pterigóideos e implantes orais convencionais, usando guias cirúrgicas. As osteotomias foram realizadas utilizando apenas duas brocas com guias correspondentes, mas foram apertadas manualmente sem a guia cirúrgica. Após a cirurgia dos implantes, uma tomografia computadorizada no pós-operatório foi tirada a 12 pacientes selecionados aleatoriamente, para ser combinado com o planeamento pré-operatório e os desvios foram calculados. Para os implantes zigomáticos, o desvio máximo foi de 7,4 mm coronalmente (média de 2,8 mm), 9,7 mm apicalmente (média de 4,5 mm), e de 9,0° para o desvio angular (média 5,1°). Foram relatados os desvios substanciais em relação ao planeamento decepcionante, resultando na falha em dois implantes no arco zigomático (93% de sucesso). Os autores explicaram que todos os pacientes sofriam de atrofia grave do osso maxilar e pouca qualidade óssea de acordo com a classificação de Misch. Além disso, a fase de apertar a estrutura de forma manual pode ser relevante para a justificação dos desvios registados. Resumindo, em relação aos implantes zigomáticos pode-se concluir que o desvio angular coronal ou apical global é de 3,92°.¹

Noutro estudo, Van Steenberghe et al, incluíram 6 implantes de 45 mm de comprimento no arco zigomático em três cabeças de cadáveres com guias de perfuração cirúrgicas com base em dados TC. Os investigadores combinaram as tomografias do pré-operatório com as tomografias computadorizadas do pós-operatório para avaliar o desvio entre os implantes zigomáticos planeados e colocados. Os investigadores relataram que os desvios angulares no eixo de 4 implantes planeados e colocados foram inferiores a 3°, ao passo que um implante mostrou 3,1° e o último mostrou 6,9° de desvio angular no eixo. O facto de um cilindro de metal se ter solto na fase de inserção do implante, após a osteotomia em série, provavelmente, explica o desvio desse implante. As guias de perfuração parecem oferecer uma ferramenta precisa para obter um resultado de tratamento confiável e bem-sucedido na maioria dos casos.³

Em 2010, Chrcanovic et al, aplicaram em quatro cadáveres humanos procedimentos de digitalização padronizado TC e realizadas pelo mesmo radiologista a operar uma máquina de TC (Classic i-CAT, Imaging Sciences International, Hatfield, Pa) com o software de planeamento (Dental Slice software, BioParts Prototipagem Biomédica, Brasília, Brazil), permitiu que a equipe cirúrgica simulasse a colocação de implantes no modelo 3D. O desvio angular médio do eixo longo entre os implantes planeados e colocados foi de  $8,06 \pm 6,40^\circ$  para a visão ântero-posterior e  $11,20 \pm 9,75^\circ$  para a visão caudal-craniana. O objectivo não foi totalmente conseguido por este conceito de tratamento, em termos de desvios angulares entre os implantes planeados e colocados. Considerações a ter em conta, quanto aos desvios entre os implantes planeados e colocados: 1º apesar dos desvios acontecerem, isto não pode afectar a capacidade do médico dentista projetar e fabricar um supraestrutura protética sobre estes implantes desviados; 2º não é fácil fazer comparações diretas entre estudos in vitro e em humanos, porque estudos in vitro proporcionam melhor controlo de todos os parâmetros que contribuem para o resultado; 3º a precisão de todo o processo depende da capacidade de posicionar com precisão a guia cirúrgica em cima do osso para manter essa posição estável durante todo o procedimento; 4º a diferença de parafusos para osteossíntese que fixa a guia cirúrgica no osso maxilar parece ter um papel importante nos desvios; 5º o maior erro é provavelmente devido ao facto de que a etapa final do procedimento é realizado manualmente.<sup>4</sup>

Existe um protocolo de colocação de implantes no osso zigomático a partir de uma cirurgia minimamente invasiva sem retalhos com auxílio de uma guia cirúrgica de brocas padrão. Num estudo, em que todos os pacientes tinham indicação de atrofia maxilar severa foram colocados um total de 25 implantes, dos quais 17 estavam na região anterior da maxila, 7 no osso zigomático, e 1 no osso pterigoideo. Após o planeamento de rotina, com procedimentos de digitalização da Materialise NV, Leuven, Bélgica, produziram por estereolitografia Surgiguide um modelo mucosuportado para os implantes zigomáticos. O pós-operatório correu sem complicações, com dor leve a dor moderada, sem edema ou hematomas. Em todos os casos, os implantes foram posicionados com a técnica sem retalho no osso zigomático, e os autores alcançaram uma boa estabilidade primária. Dois implantes primários na área pré-maxilar foram perdidos devido a uma falta de osteointegração e foram substituídos antes da colocação dos implantes zigomáticos; os implantes zigomáticos obtiveram uma boa estabilidade primária. O controlo efetuado entre 4 a 39 meses mostrou boa estética, fonética, e os resultados funcionais, com boa estabilidade e nenhuma infecção do seio maxilar. O protocolo proposto tem as seguintes vantagens: (1) a pré-maxila e a cavidade do seio maxilar são avaliadas anatomicamente antes de colocar os implantes zigomáticos; (2) o planeamento pré-operatório, em conjunto com a posição da guia definitiva devido à sua ancoragem para os implantes anteriores, aumenta a precisão; (3) a guia cirúrgica é estabilizada com maior precisão; (4) cirurgia virtual é realizada no modelo estereolitográfico antes da cirurgia real; e (5) um kit cirúrgico inovador e ergonómico personalizado é usado. Os resultados obtidos com este procedimento cirúrgico parecem encorajadores. Apesar das dificuldades inerentes à angulação conduzido da osteotomia devido ao comprimento dos implantes zigomáticos, foi alcançada a posição correcta em linha com o planeado.<sup>15</sup>

Numa revisão de literatura, com um total de 41 artigos, Chrcanovic et al, identificaram cinco abordagens cirúrgicas diferentes para reabilitação de maxilares severamente atroficos e registaram altas taxas de sucesso de todas as técnicas entre os 92% e 99%. Concluíram que: 1º quando a maxila está severamente reabsorvida e a concavidade formada pela crista óssea é pequena, a técnica clássica original deve ser usada; 2º quando a reabsorção maxilar gera uma grande concavidade, seria melhor exteriorizar o implante zigomático; 3º a técnica exteriorizada tem menos passos do que os métodos cirúrgicos clássico e sinusal, menos invasiva e reduz o tempo cirúrgico; 4º a utilização da técnica de fenda sinusal em conjunto com a guia de perfuração baseada em TC melhora os resultados finais; e 5º a preferência por uma técnica sobre a outra deve ter em consideração a concavidade formada pela crista óssea, o seio maxilar, e a região de inserção do implante no osso zigomático.<sup>10</sup>

Em 2016, um paciente, na casa dos 40 anos, após realizar hemimaxilectomia devido a um mixoma odontogénico ficou com palato direito e a cavidade nasal comprometidos. Num ensaio clínico foi realizado uma prótese suportada por 2 implantes zigomáticos com o auxílio da tecnologia CAD/CAM por TC e um software Simplant®. Noh et al, conseguiram garantir um suporte favorável que minimizou a força não axial para os dentes adjacentes ao defeito. Nesse estudo foi comprovado que com esse protocolo, as cirurgias assistidas por computador têm a vantagem de uma melhor preparação, melhores resultados cirúrgicos, e os tempos de operação são mais curtos. Contudo, os autores acreditam que alguns médicos possam estar preocupados com o custo/eficácia desta tecnologia. No entanto, cirurgiões experientes podem beneficiar desta tecnologia, particularmente em pacientes com anatomias gravemente alteradas e estruturas justapostas (neste paciente, o olho). Os dados de planeamento adquiridos a partir da simulação virtual podem ser transferidos para locais cirúrgicos usando a navegação dinâmica de sistemas de rastreamento em tempo real ou de uma técnica de transferência estática com base no modelo cirúrgico, como foi o caso deste paciente. A navegação intraoperatória requer um sistema de rastreamento sofisticado e complexo e esta abordagem exige mais pré-operatórios e maiores custos operacionais do que as operações usando modelos cirúrgicos.<sup>8</sup>

Aparicio et al, apresentaram uma investigação com um total de vinte e dois pacientes com maxilares desdentados severamente atroficos, restaurados com implantes zigomáticos regulares após a técnica clássica (CTZ), que participaram num estudo anterior, com pelo menos 10 anos de follow-up. Estes pacientes foram usados num estudo como grupo de controlo. Os autores, juntaram um grupo coorte de 80 pacientes tratados com implantes de acordo com os princípios cirúrgicos e protéticos da abordagem guiada pela anatomia do osso zigomático (ZAGA) e submetidos a um programa de manutenção periódica incluídos no estudo como o grupo de teste. Todos os pacientes incluídos no grupo de teste tinham pelo menos 3 anos de follow-up e os autores foram capazes de comparar uma pré-cirurgia a um TC final. Também, avaliaram a taxa de sobrevivência entre o grupo



de controlo e teste de 95,12% e 97,44% respectivamente. Dentro dos limites do presente estudo, os resultados demonstraram que ambas as técnicas, clássica e ZAGA, foram encontradas com um resultado clínico semelhante e positivamente no que diz respeito à sobrevivência do implante. O conceito ZAGA é capaz de reabilitar imediatamente uma maxila severamente atrofica, minimizando o risco de patologia associada ao seio maxilar em comparação com a técnica cirúrgica CTZ.<sup>16</sup>

De outro modo, Schirotti et al, realizaram um estudo de precisão de um protocolo de colocação de implantes zigomáticos sem retalho, com base no software Simplant®, em 3 cadáveres de humanos registando valores de desvios laterais/erro, LE (distância normal entre o eixo perpendicular planeado e do real do implante zigomático) e valores de AE (ângulo de desvio entre o eixo do implante zigomático previsto e o real). Usaram implantes entre 40-52,5 mm da Southern e da Novel Biocare apresentando AE entre os 1,3°-14,8°; LE nas bases/coronalmente entre os 0,2-1,7 mm; LE nas extremidades/apicalmente entre os 0,9-15,5 mm. Obtiveram resultados bastante positivos e promissores. Contudo este estudo, teve uma amostra muito limitada e permitiu colocar poucos IZs.<sup>17</sup>

Hung et al, estudaram o caso de um paciente de 79 anos, 24 meses após a hemimaxilectomia. A maxila direita do paciente foi totalmente ressecada com atingimento da linha média. Colocaram 3 implantes zigomáticos no lado em que foi realizada a hemimaxilectomia e 2 implantes regulares no outro lado da maxila para garantir a ancoragem da prótese. Os autores verificaram a precisão do procedimento de navegação cirúrgica em tempo real: a medida do desvio distributivo dos implantes zigomáticos entre o planeamento pré-operatório e a posição real pós-operatória mostrou que o erro médio no ponto de entrada e ápice do implante foi de  $1,07 \pm 0,15$  mm (variação: 0,9 a 1,2 mm) e  $1,20 \pm 0,46$  mm (variação: 0,7 a 1,6 mm), respetivamente. O desvio médio do ângulo entre os eixos do implante planeado e o real foi de  $1,37 \pm 0,21^\circ$  (variação: 1,2 a 1,6°). Este sistema de navegação cirúrgica mostrou ser uma abordagem confiável para orientar à colocação de implantes zigomáticos. Contudo mais ensaios clínicos randomizados terão de ser executados para consolidar esta abordagem.<sup>12</sup>

Qin et al, sugeriram a abordagem de um sistema de navegação cirurgica novo chamado BeiDou-SNS, a partir de uma experiencia fantasma inseriram quatro implantes zigomáticos num modelo craniomaxilofacial. Os implantes foram colocados de acordo com o plano de pré-operatório. Um CBCT pós-operatório foi adquirido e os dados da imagem foram alinhados com a imagem pré-operatória para o cálculo do desvio. Os desvios máximos entre o implante real e o planeado foram de 1,328 mm e 2,326 mm, para o ponto coronal/entrada e ponto apical/saída, respectivamente. Enquanto que o desvio angular variou de 1,094 ° a 2,395 °. O programa BeiDou-SNS demonstrou ser viável para cirurgias orais na colocação de implantes zigomáticos. Ainda assim, outras avaliações clínicas, em humanos, serão conduzidas para estabelecer a previsibilidade desta abordagem.<sup>11</sup>

Da mesma forma, Qin et al, realizaram outro estudo, com uma estrutura otimizada do LSTM com base numa câmara de profundidade para reconhecer gestos e aplicá-la a um sistema interno de navegação cirúrgica oral e maxilofacial, BeiDou-SNS. Os desvios de quatro implantes zigomáticos foram medidos, e os desvios médios dos implantes planeados/colocados foram 1,22 mm e 1.70 mm para os pontos de entrada e de extremidade, respetivamente, enquanto que o desvio angular variou de 0,4 ° a 2,9 °, os quais podem satisfazer os requisitos clínicos. Os resultados mostraram que a interface de usuário sem contato baseada em multi-LSTM, poderia ser usada como uma ferramenta promissora para eliminar o problema de desinfecção na sala de operações e aliviar a complexidade da manipulação do sistema de navegação cirúrgica.<sup>1</sup>

Autor (ano):	Título:	Área:	Tipo de estudo:	Objectivo:	Resultado:	Guia cirúrgica:	Amostra:	Programa:	Precisão (Zls):
A. Schramm et al., (2000)	"Computer-assisted insertion of zygomatic implants (Branemark system) after extensive tumor surgery"	Implantologia, Maxilofacial	Investigação	Propor um protocolo para reabilitação imediata fixa suportado por implantes zigomáticos e testar a inserção assistida por computador após cirurgia de remoção tumoral.	A inserção dos implantes zigomáticos assistida por computador revelou uma melhoria no planeamento do posicionamento, facilitando o procedimento clínico e um resultado final de sucesso.	Auxílio de uma base de dados de tomografia computadorizada (TC) ou ressonância magnética (RMN), os planos de tratamento do pré-operatório foram simulados e controlados no intra-operatório.	Clínica	STN	Não estudado
L. Vrielinck et al., (2003)	"Image-based planning and clinical validation of zygoma and pterygoid implant placement in patients with severe bone atrophy using customized drill guides. Preliminary results from a prospective clinical follow-up study"	Implantologia	Estudo/ Follow-up	Avaliar a precisão das guias de perfuração esqueléticamente suportadas para a colocação de implantes no osso zigomático e no osso pterigóideo.	Técnica útil e segura para a perfuração e colocação de implantes padrão e zigomáticos.	Guia de broca personalizado (SURGIGUIDE). Contendo cilindros com diâmetro crescente para guiar as brocas sucessivas.	Clínica	Simplant®	Desvio coronal médio: 2,8 mm Desvio coronal máximo: 7,4 mm Desvio apical médio: 4,5 mm Desvio apical máximo: 9,7 mm Desvio angular: 5,1° Desvio angular máximo: 9,0°
D. Van Steenberghe et al., (2003)	"Accuracy of drilling guides for transfer from three-dimensional CT-based planning to placement of zygoma implants in human cadavers"	Implantologia	Investigação	Relatar a precisão da transferência através de modelos baseados em TC 3D para cirurgia e relatar o procedimento do implante zigomático e o erro de transferência.	Para a colocação do implante zigomático, o procedimento cirúrgico complexo e a anatomia variável do osso zigomático incentivam o uso de um sistema de planeamento de TC 3D, validado e as guias de perfuração devem ser modelos derivados de TC 3D com ajuste ósseo, para obter a transferência ideal para o campo cirúrgico. As guias de perfuração parecem oferecer uma ferramenta precisa para obter um resultado de tratamento confiável e bem-sucedido.	Uma técnica estereolitográfica que gera um modelo de osso do maxilar e uma guia cirúrgica a partir dos dados de TC. (SURGIGUIDE)	Ex vivo	Litorim	Desvio coronal médio: 2,32 mm Desvio coronal máximo: 6,0 mm Desvio apical médio: 2,9 mm Desvio apical máximo: 7,9 mm Desvio angular médio: 2,74° Desvio angular máximo: 6,93°
L. R. Koser et al., (2006)	"Length determination of zygomatic implants using tridimensional computed tomography"	Implantologia	Investigação	Avaliou e introduziu a CT 3D como instrumento de diagnóstico no planeamento pré-cirúrgico da fixação zigomática	A CT 3D é uma ferramenta valiosa e precisa, disponível para o planeamento pré-cirúrgico da fixação zigomática. Ferramentas cirúrgicas como guias de inserção e sondas mais precisas são necessárias para obter medições confiáveis para o procedimento cirúrgico.	Tomografia computadorizada de alta resolução 3D-CT	Ex vivo	CT Helicoidal Synergy	Não estudado
J. Chow et al., (2006)	"Zygomatic implants-protocol for immediate occlusal loading: a preliminary report."	Implantologia	Relatório preliminar	Relatar o resultado preliminar do uso de um protocolo modificado para colocar implantes zigomáticos para obter oclusal imediata.	Bom potencial para carregar os implantes zigomáticos imediatamente, com uma prótese provisória. O protocolo de carregamento imediato mostrou ser minimamente invasivo para os pacientes.	Cirurgia assistida por tomografia computadorizada	Clínica	Simplant®	Não estudado
K. Ekstrand et al., (2008)	"Malignant tumors of the maxilla: virtual planning and real-time rehabilitation with custom-made R-zygoma fixtures and carbon-graphite fiber-reinforced polymer prosthesis"	Implantologia, Maxilofacial	Investigação	Desenvolver um método clínico reproduzível, confiável e útil para simular com precisão intervenções cirúrgicas em modelos virtuais de pacientes, usando modelos computadorizados confiáveis, da anatomia humana e acessórios zigomáticos	O futuro da reabilitação imediata fixa inclui a fusão da TC, ressonância magnética e possivelmente tomografia por emissão de TC/positrões (PET Imaging), que aumentam a confiabilidade na deteção de invasão óssea.	Modelos estereolitográficos apartir da tomografia computadorizada tridimensional (TC)	Clínica	Mimics, Materialize	Não estudado
B. R. Chrcanovic et al., (2010)	"Accuracy evaluation of computed tomography-derived stereolithographic surgical guides in zygomatic implant placement in human cadavers."	Implantologia	Investigação	Determinar os desvios angulares entre os implantes zigomáticos planeados e colocados em cadáveres humanos usando tecnologia de guia de perfuração com base em SLA.	Demonstrou-se que o uso do Implantes zigomáticos deveria ser reavaliado porque foram anotados grandes desvios. Um sistema de guia de inserção do implante é necessária porque esta última etapa é realizada manualmente. Recomenda-se que a utilização da técnica da fenda sinusal em conjunto com a guia de perfuração, baseada em CT, para melhoria dos resultados finais.	Digitalização padronizada TC (Classic i-CAT, Imaging Sciences International, Hatfield, Pa)	Ex vivo	Dental Slice, BioParts	Desvio angular mínimo visão antero-posterior: 0,35° Desvio angular médio visão antero-posterior: 8,06 ± 6,40° Desvio angular máximo visão antero posterior: 21,20° Desvio angular mínimo visão caudal-craniana: 0,76° Desvio angular médio visão caudal-craniana: 11,20 ± 9,75° Desvio angular máximo visão caudal-craniana: 37,60°

G. Schirotti et al., (2011)	"Zygomatic Implant Placement With Flapless Computer-Guided Surgery: A Proposed Clinical Protocol"	Implantologia	Relatório Clínico	Descrever um procedimento para colocação de implantes zigomáticos usando cirurgia de implante guiada por imagem.	Dois implantes na área pré-maxilar falharam. Nenhum implante zigomático falhou. Os exames de acompanhamento de 4 a 39 meses mostraram bons resultados estéticos, fonéticos e funcionais.	Digitalização da Materialise NV, Leuven, Bélgica (SURGIGUIDE)	Clínica	Simplant®	Não estudado
J. D'haese et al., (2012)	"Accuracy and Complications Using Computer-Designed Stereolithographic Surgical Guides for Oral Rehabilitation by Means of Dental Implants: A Review of the Literature"	Implantologia	Revisão de literatura	Examinar a literatura atualmente disponível sobre precisão e complicações cirúrgicas e protéticas, utilizando guias cirúrgicas realizadas por estereolitografia para reabilitação de implantes.	A colocação guiada de implantes tem tendência a mostrar desvios menores.	Não se aplica	Não se aplica	Não se aplica	Não se aplica
B. R. Chrcanovic et al., (2013)	"Zygomatic implants: a critical review of the surgical techniques"	Implantologia	Revisão de Literatura	Identificar e descrever as diferentes técnicas cirúrgicas para instalação de implantes zigomáticos relacionadas na literatura.	A utilização da técnica da fenda sinusal, juntamente com o guia de perfuração baseado em TC melhora os resultados finais.	Não se aplica	Não se aplica	Não se aplica	Não se aplica
C. Aparício et al., (2014)	"Zygomatic Implants Placed Using the Zygomatic Anatomy-Guided Approach versus the Classical Technique: A Proposed System to Report Rhinosinusitis Diagnosis"	Implantologia, Maxilofacial	Caso clínico	Comparar os resultados da reabilitação da maxila atrofica usando implantes zigomáticos e implantes regulares, utilizando a técnica zigomática clássica versus a abordagem guiada por anatomia zigomática (ZAGA) e propor um sistema padronizado para relatar o diagnóstico de rinosinusite.	Ambos os procedimentos apresentaram resultados clínicos semelhantes em relação à sobrevivência do implante. O conceito ZAGA é capaz de reabilitar imediatamente as maxilas severamente atroficas, minimizando o risco de patologia associada ao seio maxilar.	Não se aplica	Não se aplica	Não se aplica	Não se aplica
G. Schirotti et al., (2016)	"Accuracy of a flapless protocol for computer-guided zygomatic implant placement in human cadavers: expectations and reality"	Implantologia	Investigação	Avaliar a precisão e a segurança de um protocolo para colocação de implantes zigomáticos sem retalho, minimamente invasivo, que utiliza modelos cirúrgicos suportados por mucosa feitos por estereolitografia guiada por computador.	A cirurgia de implantes zigomáticos sem retalho, minimamente invasiva, guiada por computador com planeamento cuidadoso e perfeita estabilidade do guia cirúrgico apresentaram resultados revelaram-se desafiantes.	Digitalização: Siemens SOMATOM Sensation Open scanner (Siemens AG, Munich, Germany) Modelo estereolitográfico: (SURGIGUIDE, Materialise NV, Leuven, Bélgica).	Ex vivo	Simplant®	LE (distância normal entre o eixo perpendicular planeado e real do implante zigomática) na ponta e na base do implante do implante; AE (ângulo de desvio entre o eixo do implante zigomática previstos e reais)  Caso 1: 1º Implante (Southern, 52,5 mm): FRACA LE na base: 1,7 mm; LE na extremidade: 15,5 mm; AE: 14,2° 2º Implante (Southern, 52,5 mm): MUITO BOA LE na base: 0,9 mm; LE na extremidade: 0,9 mm; AE: 1,3°  Caso 2: 1º Implante (Southern, 52,5 mm): BOA LE na base: 0,8 mm; LE na extremidade: 4,2 mm; AE: 5,6° 2º Implante (Southern, 45mm): BOA LE na base: 0,2 mm; LE na extremidade: 5,7 mm; AE: 5,8°

										<p>Caso 3: 1º Implante (Nobel Biocare, 40 mm): MUITO BOA LE na base: 0,5 mm; LE na extremidade: 1,3 mm; AE: 1,8 ° 2º Implante (Nobel Biocare, 40 mm): ACEITÁVEL LE na base: 1,6 mm; LE na extremidade: 7,2 mm; AE: 8 °</p>
K. Noh et al. (2016)	"Fabricating a tooth- and implant-supported maxillary obturator for a patient after maxillectomy with computer-guided surgery and CAD/CAM technology: A clinical report"	Implantologia, Maxilofacial	Caso clínico	Descrever o planeamento de cirurgia assistida por computador, combinado com procedimentos protéticos, aplicando a tecnologia CAD/CAM à personalização de pilares de cicatrização, copings de moldagem e barra de titânio fresada.	Com a colocação de 2 implantes no osso zigomático, obteve-se suporte favorável, o que minimizou a força não-axial dos dentes adjacentes ao defeito. Confirmou-se que cirurgias assistidas por computador melhora preparação, os resultados cirúrgicos e os tempos de operação são mais curtos.	Digitalização padronizada TC (CAD/CAM)	Clinica	Simplant®	Não estudado	
J. Chow et al., (2016)	"A novel device for template-guided surgery of the zygomatic implants"	Implantologia, Maxilofacial	Caso clínico	Apresentar um dispositivo projetado para aumentar a precisão da aplicação de implantes zigomáticos com guias cirúrgicas que orientam a osteotomia do ponto de entrada ao ponto de saída, permitindo o posicionamento ideal.	O guia de broca zigomático projetado especialmente para cirurgia guiada maximizam o posicionamento ideal dos implantes zigomáticos.	Projetados usando computer-aided (CAD)	Clinica	CAD-CAM	Não estudado	
K. Hung et al., (2016)	"Real-Time Surgical Navigation System for the Placement of Zygomatic Implants with Severe Bone Deficiency"	Implantologia, Maxilofacial	Caso clínico	Descreve a aplicação clínica de um sistema de navegação cirúrgica em tempo real para orientar os implantes zigomáticos no momento da instalação.	De acordo com a medida de desvio de três implantes zigomáticos, esses valores mostraram resultados altamente precisos com o uso do sistema de navegação cirúrgica na colocação dos implantes	Tomografia computadorizada (CBCT)	Clinica	IPLAN Navigator, BrainLAB	<p>Implante 1: Desvio distância(mm) no ponto de entrada: 0,9 mm Desvio distância(mm) no ponto apical: 1,3 mm Desvio angular(graus): 1,2°</p> <p>Implante 2: Desvio distância(mm) no ponto de entrada: 1,2 mm Desvio distância(mm) no ponto apical: 1,6 mm Desvio angular(graus): 1,6°</p> <p>Implante 3: Desvio distância(mm) no ponto de entrada: 1,1 mm Desvio distância(mm) no ponto apical: 0,7 mm Desvio angular(graus): 1,3°</p>	
C. Qin et al., (2019)	"An oral and maxillofacial navigation system for implant placement with automatic identification of fiducial points"	Implantologia /Maxilofacial	Investigação	Desenvolvimento de um sistema de navegação oral e maxilofacial denominado BeiDou-SNS e verificar a precisão através de aplicação de implantes zigomáticos.	Esta experiência fantasma que o BeiDou-SNS demonstra que é viável para a cirurgia oral e maxilofacial. Ainda assim, outras avaliações clínicas serão conduzidas para estabelecer a previsibilidade desta abordagem.	BeiDou-SNS	In vitro	BeiDou-SNS	<p>Implante 1 (50 mm): Desvio distância(mm) no ponto de entrada: 1,096 mm Desvio distância(mm) no ponto apical: 1,843 mm Desvio angular(graus): 1,888°</p> <p>Implante 2 (47 mm): Desvio distância(mm) no ponto de entrada: 1,101 mm Desvio distância(mm) no ponto apical: 2,001 mm Desvio angular(graus): 1,094°</p> <p>Implante 3 (52,50 mm): Desvio distância(mm) no ponto de entrada: 1,211 mm</p>	

									<p>Desvio distância(mm) no ponto apical: 1,887 mm Desvio angular(graus): 1,254°</p> <p>Implante 4 (45 mm) Desvio distância(mm) no ponto de entrada: 1,328 mm Desvio distância(mm) no ponto apical: 2,326 mm Desvio angular(graus): 2,395°</p>
A. Suvoras, (2019)	"A digital workflow for modeling of custom dental implants"	Implantologia	Investigação	Definir o fluxo de trabalho digital da tomografia computadorizada ao implante, elucidar as variáveis que afetam a qualidade do implante e determinar a possibilidade de concluir esta tarefa usando um software disponível gratuitamente.	Dispositivos médicos podem ser projetados usando ferramentas de software disponíveis gratuitamente ou de baixo custo em tomografias computadorizadas e produzido pela atual tecnologia de fabricação 3D com a precisão e os ajustes necessários. A qualidade da modelagem do implante é afetada pelo seguinte: qualidade dos dados da tomografia computadorizada, algoritmos e configurações de software de segmentação, qualidade de saída do software de modelagem e algoritmos de software para reparo de erros.	Não se aplica	Não se aplica	Não se aplica	Não estudado
C. Qin et al., (2019)	"The development of non-contact user interface of a surgical navigation system based on multi-LSTM and a phantom experiment for zygomatic implant placement"	Implantologia	Investigação	Propor uma estrutura otimizada do LSTM com base numa câmara de profundidade para reconhecer gestos e aplicá-la a um sistema interno de navegação cirúrgica oral e maxilofacial.	Os resultados mostraram que a interface de usuário sem contato baseada em multi-LSTM poderia ser usada como uma ferramenta promissora para eliminar o problema de desinfecção na sala de operações e aliviar a complexidade da manipulação do sistema de navegação cirúrgica.	CBCT DICOM	In vitro	BeiDou-SNS	<p>Implante 1 (50 mm): Desvio distância(mm) no ponto de entrada: 0,5 mm Desvio distância(mm) no ponto apical: 1,19 mm Desvio angular(graus): 1,39°</p> <p>Implante 2 (45 mm): Desvio distância(mm) no ponto de entrada: 0,37 mm Desvio distância(mm) no ponto apical: 1,83 mm Desvio angular(graus): 1,88°</p> <p>Implante 3 (50 mm): Desvio distância(mm) no ponto de entrada: 2,30 mm Desvio distância(mm) no ponto apical: 1,80 mm Desvio angular(graus): 2,9°</p> <p>Implante 4 (42,50 mm) Desvio distância(mm) no ponto de entrada: 1,7 mm Desvio distância(mm) no ponto apical: 1,97 mm Desvio angular(graus): 0,4°</p>

## 6. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Num total de dezoito artigos selecionados, sete registaram desvios entre o planeamento dos implantes zigomáticos pré-operatórios e a localização dos implantes pós-operatórios.

Dois estudos in vitro, aplicando o programa BeiDou-SNS num modelo craniomaxilofacial com uma estrutura otimizada LSTM, relataram o desvio médio no ponto de entrada/coronal de 1,20 mm (variando de 0,5-2,30 mm), o desvio médio no ponto de saída/apical de 1,73 mm (variando de 1,19-2,33 mm) e desvio angular médio de 1,65° (variando de 0,4-2,9°).

Em três estudos utilizando cadáveres humanos, foram encontrados resultados bastante disparees quanto aos desvios angulares médios: um avaliou a visão ântero-posterior e a visão caudal-craniana de  $8,06 \pm 6,40^\circ$  e  $11,20 \pm 9,75^\circ$ , respetivamente, com software Dental Slice da Bioparts; noutra estudo o desvio angular médio registado foi de 2,74°, com Litorim®; e o último estudo revelou valores médios que rondam os 6°, com Simplant®.

Dois estudos clínicos, in vivo, avaliaram a precisão do planeamento digital: num deles, o protocolo de inserção de 3 implantes zigomáticos foi realizado em apenas um paciente, os resultados para os desvios médios de entrada/coronal, saída/apical e angular foram de 1,1 mm (variando de 0,9-1,2 mm), 1,2 (variando de 0,7-1,6) e 1,4° (variando de 1,2-1,4), respectivamente, através do iPLAN®; no outro estudo, o protocolo juntou 29 pacientes registando os seguintes valores, apartir do programa Simplant®: para o ponto de entrada/coronal médio de 2,8 mm, para o ponto de saída/apical médio de 4,5 mm e o desvio angular médio de 5,1°. Este estudo ainda avaliou uma taxa de 93% de sucesso para a sobrevida dos implantes zigomáticos aplicados.

## 7. CONCLUSÃO

A revolução tecnológica dos sistemas de recolha de imagens, como a tomografia computadorizada, scanners intraorais, impressoras 3D e a melhoria de softwares especializados têm contribuído para uma prática clínica cada vez mais precisa.

Este avanço torna a cirurgia guiada uma técnica de preferência e uma alternativa à técnica convencional.

Com o auxílio do planeamento a partir da tomografia computadorizada 3D é possível obter características como a espessura da gengiva, detalhes anatómicos do osso, e orientação dos dentes. Desta forma, a técnica será minimamente invasiva com a ausência de grandes incisões, descolamentos da fibromucosa, diminuição do sangramento, e muitas vezes sem ser necessário suturar.

Num ato cirúrgico de colocação de implantes, a cirurgia guiada confere ao médico dentista uma cirurgia mais eficaz e com maior segurança. Por outro lado, o paciente tem a vantagem de visualizar uma imagem virtual prévia do possível resultado final.

De acordo com as experiências clínicas a reconstrução precoce de maxilares atróficos é importante porque neutraliza a contração da formação dos tecidos garantindo assim a abertura adequada da boca e o equilíbrio da função mandibular.

O tempo clínico é reduzido, aumento assim a qualidade de vida do paciente por ser rapidamente reabilitado e reduz significativamente o desconforto e a dor. Contudo, há vários aspetos económicos a serem avaliados, em relação a esta abordagem de tratamento.

Apesar dos desvios entre os implantes planeados e instalados poderem ser consideráveis, em alguns casos, isso não afetou a capacidade do médico dentista de projetar e fabricar uma estrutura protética sobre esses implantes.

Os desvios encontrados nas direções tridimensionais registadas entre o planeamento pré-operatório e o pós-operatório na colocação dos implantes zigomáticos devem-se ter em conta nesta era digital aplicada à cirurgia guiada.

Embora existam resultados promissores desta técnica, mais estudos de precisão terão de ser realizados de maneira que forneçam evidência científica que sustente a implementação desta técnica cirúrgica, de modo que seja aplicada mais rotineiramente em ambiente clínico.

## 8. BIBLIOGRAFIA

- (1) Vrielinck L, Politis C, Schepers S, Pauwels M, Naert I. Image-based planning and clinical validation of zygoma and pterygoid implant placement in patients with severe bone atrophy using customized drill guides. Preliminary results from a prospective clinical follow-up study. *Int. J. Oral Maxillofac Surg* 2003; 32(1):7-14
- (2) Koser LR, Campos PSF, Mendes CMC. Length determination of zygomatic implants using tridimensional computed tomography. *Braz. Oral Res* 2006; 20(4):331-336
- (3) Van Steenberghe D, Malevez C, Van Cleynenbreugel J, Serhal CB, Dhoore E, Schutyser F, Suetens P, Jacobs R. Accuracy of drilling guides for transfer from three-dimensional CT-based planning to placement of zygoma implants in human cadavers. *Clin. Oral Implants Res* 2003 14(1):131–136
- (4) Chrcanovic BR, Oliveira DR, and Custodio AL. Accuracy evaluation of computed tomography-derived stereolithographic surgical guides in zygomatic implant placement in human cadavers. *J. Oral Implantol* 2010 36(5):345–355
- (5) Schramm A, Gellrich NC, Schimming R and Schmelzeisen R. Computer-assisted insertion of zygomatic implants (Branemark system) after extensive tumor surgery. *Mund. Kiefer. Gesichtschir* 2000 4(5):292–295
- (6) Chow J, Hui E, Lee PKM, and Li W. Zygomatic implants-protocol for immediate occlusal loading: a preliminary report. *J. Oral Maxillofac. Surg.* 2006 64(5):804–811
- (7) Surovas A. A digital workflow for modeling of custom dental implants. *3D Print. Med* 2019 5(1):9
- (8) Noh K, Pae A, Lee JW, and Kwon YD. Fabricating a tooth- and implant-supported maxillary obturator for a patient after maxillectomy with computer-guided surgery and CAD/CAM technology: A clinical report. *J. Prosthet. Dent* 2016 115(5):637–642
- (9) D'haese J, Van De Velde T, Komiyama A, Hultin M, and De Bruyn H. Accuracy and complications using computer-designed stereolithographic surgical guides for oral rehabilitation by means of dental implants: a review of the literature. *Clin. Implant Dent. Relat. Res* 2012 14(3):321–335
- (10) Chrcanovic BR, Pedrosa AR, and Neto Custodio AL. Zygomatic implants: a critical review of the surgical techniques. *Oral Maxillofac. Surg* 2013 17(1):1–9
- (11) Qin C. et al. An oral and maxillofacial navigation system for implant placement with automatic identification of fiducial points. *Int. J. Comput. Assist. Radiol. Surg.* 2019 14(2):281–289
- (12) Hung K, Huang W, Wang F and Wu Y. Real-Time Surgical Navigation System for the Placement of Zygomatic Implants with Severe Bone Deficiency. *Int. J. Oral Maxillofac. Implants* 2016 31(6):1444–1449
- (13) Chow J. A novel device for template-guided surgery of the zygomatic implants. *Int. J. Oral Maxillofac. Surg* 2016 45(10):1253–1255
- (14) Ekstrand K. and Hirsch JM. Malignant tumors of the maxilla: virtual planning and real-time rehabilitation with custom-made R-zygoma fixtures and carbon-graphite fiber-reinforced polymer prosthesis. *Clin. Implant Dent. Relat. Res.* 2008 10(1):23–29
- (15) Schirotti G, Angiero F, Silvestrini-Biavati A, and Benedicenti S. Zygomatic implant placement with flapless computer-guided surgery: a proposed clinical protocol. *J. Oral Maxillofac. Surg* 2011 69(12):2979–2989
- (16) Aparicio C, Manresa C, Francisco K, Aparicio A, Nunes J, Claros P. Zygomatic



- implants placed using the zygomatic anatomy-guided approach versus the classical technique: a proposed system to report rhinosinusitis diagnosis. *Clin. Implant Dent. Relat. Res.* 2014 16(5):627–642
- (17) Schirotti G, Angiero F, Zangerl A, Benedicenti S, Ferrante F, and Widmann G. Accuracy of a flapless protocol for computer-guided zygomatic implant placement in human cadavers: expectations and reality. *Int. J. Med. Robot* 2016 12(1):102–108
- (18) Qin C, Ran X, Wu Y, and Chen X. The development of non-contact user interface of a surgical navigation system based on multi-LSTM and a phantom experiment for zygomatic implant placement. *Int. J. Comput. Assist. Radiol. Surg.* 2019 14(12):2147–2154

