

**HENRIQUE TUZZOLO NETO**

**Cirurgia guiada: acurácia de guias fresados e impressos utilizando um mesmo planejamento cirúrgico digital**

São Paulo

2021



**HENRIQUE TUZZOLO NETO**

**Cirurgia guiada: acurácia de guias fresados e impressos utilizando um mesmo planejamento cirúrgico digital**

**Versão corrigida**

Tese apresentada à Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo, pelo Programa de Pós-Graduação em Odontologia (Radiologia Odontológica e Imaginologia) para obter o título de Doutor em Ciências.

Orientador: Prof. Dr. Claudio Costa

São Paulo

2021

Catálogo da Publicação  
Serviço de Documentação Odontológica  
Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo

---

Tuzzolo Neto, Henrique.

Cirurgia guiada: acurácia de guias fresados e impressos utilizando um mesmo planejamento cirúrgico digital / Henrique Tuzzolo Neto; orientador Claudio Costa. -- São Paulo, 2021.

80 p. : fig., tab. ; 30 cm.

Tese (Doutorado) -- Programa de Pós-Graduação em Odontologia. Área de concentração: Radiologia Odontológica e Imaginologia. -- Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo.

Versão corrigida.

1. Cirurgia guiada. 2. Implantodontia. 3. Planejamento digital. 4. Guia impresso. 5. Guia fresado.  
I. Costa, Claudio. II. Título.

Tuzzolo Neto H. Cirurgia guiada: acurácia de guias fresados e impressos utilizando um mesmo planejamento cirúrgico digital. Tese apresentada à Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Doutor em Ciências.

Aprovado em: 27/09/2021

### **Banca Examinadora**

Prof(a).Dr(a). Jorge de Sá Barbosa

Instituição: Universidade Metropolitana de Santos

Julgamento: Aprovado

Prof(a).Dr(a). Luiz Alberto Placido Penna

Instituição: Universidade Metropolitana de Santos

Julgamento: Aprovado

Prof(a).Dr(a).Arthur Rodriguez Gonzalez Cortez

Instituição: Universidade de São Paulo

Julgamento: Aprovado



## **AGRADECIMENTOS**

Começo agradecendo os principais responsáveis por toda minha caminhada até aqui, meus pais e meu irmão, os quais me incentivam e me apoiam em todas as minhas decisões e sempre prontos a me ajudar.

Obrigado ao meu amor, Patricia, por sempre me incentivar e me apoiar em estudar cada vez mais, sempre pronta a me ajudar sempre, obrigado por toda paciência, todo apoio durante esses 3 anos de doutorado que eu sei que não foi nada fácil.

Agradeço todos os meus colegas de pós-graduação, sem eles não seria a mesma coisa, o doutorado não teria a mesma graça.

Obrigado Professor Arthur Rodriguez Gonzalez Cortes, mesmo muito distante sempre esteve ajudando de perto com muita paciência e orientando a melhorar a pesquisa, sempre elevando o nível.

Agradeço a Cidinha, assim que é chamada pelos alunos da pós-graduação, a melhor secretaria que o curso poderia ter.

Agradeço imensamente ao Dr Shaban Burgoa por toda ajuda no projeto, por estar sempre a disposição toda vez que precisei.

Não posso deixar de agradecer o Professor Luiz Alberto Placido Penna, por confiar no meu potencial, por todo apoio, toda ajuda ao longo de minha carreira, um grande amigo que a Universidade me deu.

Não tenho palavras para agradecer o Professor Jorge de Sá Barbosa, quem me acompanha e direciona na carreira há 8 anos, desde a especialização, mestrado, doutorado, estágios, tantas oportunidades e ajudas que não tenho como citar todas, e nem como agradecer tudo que fez e faz por mim com tanta boa vontade. Sempre preocupado e dando seu máximo em cada ajuda prestada, minha vida profissional com certeza seria outra sem ele, mas como ele mesmo diz “pessoas boas se atraem”, e agradeço por ter você por perto e como amigo, muito obrigado por tudo.

Finalmente agradeço ao meu ao meu orientador Professor Claudio Costa, primeiramente por me aceitar como seu orientado, por acreditar no meu potencial em conduzir a pesquisa e por toda ajuda durante esses 3 anos. Agradeço por ser este orientador sensacional e amigo, sempre de prontidão para ajudar quando necessário, você me permitiu mais esta conquista.

## RESUMO

Tuzzolo Neto H. Cirurgia guiada: acurácia de guias fresados e impressos utilizando um mesmo planejamento cirúrgico digital [tese]. São Paulo: Universidade de São Paulo, Faculdade de Odontologia; 2021. Versão corrigida.

**Introdução e objetivo:** A tecnologia digital tem desempenhado um papel cada vez mais importante na Odontologia há vários anos. Nos últimos anos, com a introdução da tomografia computadorizada (TC), da impressão tridimensional (3D), dos desenhos auxiliados por computador (CAD) e dos modelos feitos através destes desenhos (CAM), trouxeram uma grande evolução para os conceitos de tratamento na área da implantodontia. O objetivo deste estudo foi avaliar a acurácia de guias do tipo fresado e impresso a partir de um único planejamento virtual. **Materiais e métodos:** Foram selecionadas como amostras, dez manequins pré-fabricados com dentes ausentes com a finalidade de colocação de implantes. Estes manequins foram submetidos a tomografias computadorizadas de feixe cônico e a escaneamentos digitais através de um escâner intra oral, estas imagens foram sobrepostas em um software específico de planejamentos digitais e assim gerados dois tipos de guias através de um mesmo planejamento digital. Guias impressos (grupo 1) e guias fresados (grupo 2) foram confeccionados através de uma impressora tridimensional e uma fresadora respectivamente. Em cada manequim foram colocados dois implantes em regiões de dente 24 e dente 25, cada região com um guia diferente. Após a colocação dos implantes estes manequins foram submetidos a novas tomografias computadorizadas de feixe cônico onde foram adquiridas nova imagens, que foram sobrepostas com as imagens do planejamento inicial a fim de mensurar a fidelidade pós cirúrgica. **Resultados:** Foram avaliados desvios angulares e lineares, para os desvios angulares medianos, foi observada uma diferença significativa entre os grupos ( $p=0,033$ ), com valores medianos de  $3,78^\circ$  (min-max: 1,32-8,75) para o guia impresso e  $5,66^\circ$  (3,06-6,64) para o guia fresado, para desvios lineares do ápice, o resultado não demonstrou diferença significativa entre os grupos ( $p=0.423$ ), com valores medianos de 0,73 (min-max: 0,53-1,82) para o guia impresso e 1,10 (0,26-2,47) para guia fresado. **Conclusão:** Houve diferenças significativas na acurácia da posição do implante apenas em relação ao desvio angular mediano, um dos fatores que pode ter contribuído é a extensão da

extremidade livre que havia no guia cirúrgico fresado. Guias fresados utilizados em extremidade livre de dois dentes mostraram resultados semelhantes a extremidade menor (um dente), possibilitando a sua utilização dentro dos parâmetros clínicos aceitáveis e indicando futuros estudos de análises de tamanhos de extensão de extremidades.

Palavras-chave: Cirurgia guiada. Implantodontia. Planejamento digital. Guia impresso. Guia fresado.

## ABSTRACT

Tuzzolo Neto H. Guided surgery: accuracy of milled and printed guides using the same digital surgical planning [thesis]. São Paulo: Universidade de São Paulo, Faculdade de Odontologia; 2021. Versão corrigida.

**Introduction and objective:** Digital technology has played an increasingly important role in dentistry for several years. In recent years, with the introduction of computed tomography (CT), three-dimensional (3D) printing, computer-aided drawings (CAD) and models made using these drawings (CAM), they have brought a great evolution to the concepts of treatment in field of implant dentistry. The aim of this study was to evaluate the accuracy of milled and printed guides from a single virtual planning.

**Materials and methods:** Ten prefabricated mannequins with missing teeth were selected as samples for the purpose of implant placement. These mannequins were submitted to cone beam computed tomography and digital scans through an intraoral scanner, these images were superimposed on a specific digital planning software and thus generated two types of guides through the same digital planning. Printed guides (group 1) and milled guides (group 2) were made using a three-dimensional printer and a milling machine, respectively. In each manikin, two implants were placed in regions of tooth 24 and tooth 25, each region with a different guide. After placement of the implants, these mannequins were submitted to new conical beam computed tomography, where new images were acquired, which were superimposed with the images of the initial planning in order to measure the post-surgical fidelity.

**Results:** Angular and linear deviations were evaluated, for the median angular deviations, a significant difference was observed between the groups ( $p=0.033$ ), with median values of  $3.78^\circ$  (min-max: 1.32-8.75) for the printed guide and  $5.66^\circ$  (3.06-6.64) for the milled guide, for linear deviations of the apex, the result showed no significant difference between the groups ( $p=0.423$ ), with median values of 0.73 (min-max: 0.53-1.82) for the printed guide and 1.10 (0.26-2.47) for the milled guide.

**Conclusion:** There were significant differences in the accuracy of the implant position only in relation to the median angular deviation, one of the factors that may have contributed is the extension of the free extremity that was in the reamed surgical guide. Milled guides used in the free end of two teeth showed results similar to the smaller end (one tooth), allowing its

use within acceptable clinical parameters and indicating future studies of analysis of extremity extension sizes.

Keywords: Guided surgery. Implantology. Digital planning. Printed guide. Milled guide.

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 4.1 - Manequim pré-fabricado tomografável com espaços protéticos (BoneModels, Castellon, Espanha)..... 53
- Figura 4.2 - A - Planejamento, utilizando imagens Dicom obtidos pela tomográfica computadorizada sobrepostas as imagens STL, obtidas através do escaneamento 3D para a confecção do guia impresso tridimensionalmente para a região 25. B - Planejamento digital do guia cirúrgico região 25 ..... 55
- Figura 4.3 - A - Planejamento, utilizando imagens Dicom obtidos pela tomográfica computadorizada sobrepostas as imagens STL, obtidas através do escaneamento 3D para a confecção do guia fresado para a região 26. B- Planejamento digital do guia cirúrgico região 25..... 56
- Figura 4.4 - Guia cirúrgico confeccionado pela técnica da impressão tridimensional (estereolitografia) através da impressora 3D SprintRay (modelo S100, Los Angeles, EUA) sobreposto ao manequim para a realização do implante na região 25 ..... 56
- Figura 4.5 - Kit para cirurgia guiada GuidedSurgery (Sin, São Paulo, Brasil) ..... 57
- Figura 4.6 - Realização da cirurgia guiada utilizando o guia cirúrgico no manequim pré-fabricado..... 58
- Figura 4.7 - Manequim pré-fabricado com implantes colocados nas regiões 25 e 26 através dos guias cirúrgicos impresso tridimensionalmente e fresado respectivamente ..... 58
- Figura 4.8 - Ilustração das medidas a serem avaliadas dos implantes ..... 60

Figura 5.1 - Imagem correspondente a sobreposição das imagens usando o software de planejamento Nemo (Nemotec, Madri, Espanha) dos implantes com a imagem da posição final dos implantes das regiões 25 e 26 respectivamente.....	63
Figura 5.2 - Imagem correspondente a sobreposição das imagens usando o software de planejamento Nemo (Nemotec, Madri, Espanha) dos implantes com a imagem da posição final dos implantes das regiões 25 e 26 respectivamente.....	64
Figura 6.1 - Imagem correspondente a densidade do manequim e do implante colocado, impossibilitando a realização de uma mensuração com precisão .....	66

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

3D	Impressão Tridimensional
CAD/CAM	Computer-aided design/Computer-aided manufacturing
DICOM	Digital Imaging and Communications in Medicine
DLP	Processamento digital de luz
EAO	European Academy of Osseointegration
FFF	Fabricação de filamento fundido
MBL	Perda óssea marginal
SBL	Índice de sangramento
SLA	Estereolitografia
STL	Standard Triangle Language
TC	Tomografia Computadorizada
TCFC	Tomografia Computadorizada de Feixe Conico



## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO .....	17
2	REVISÃO DE LITERATURA .....	21
3	PROPOSIÇÃO .....	51
4	MATERIAL E MÉTODOS .....	53
4.1	Amostra .....	53
4.2	Tomografia computadorizada inicial para planejamento .....	54
4.3	Escaneamento dos manequins .....	54
4.4	Planejamento dos guias cirúrgicos .....	54
4.5	Cirurgia de implantes .....	57
4.6	Tomografia computadorizada pós-cirúrgico .....	59
4.7	Análise comparativa entre planejamento e implantes instalados ...	59
4.8	Análise estatística .....	60
5	RESULTADOS .....	61
6	DISCUSSÃO .....	65
7	CONCLUSÃO .....	71
	REFERÊNCIAS .....	73







## 1 INTRODUÇÃO

A tecnologia digital tem desempenhado um papel cada vez mais importante na Odontologia há vários anos (Bou Serhal et al., 2002b; Weber et al., 2015). Nos últimos anos, com a introdução da tomografia computadorizada (TC), da impressão tridimensional (3D), dos desenhos auxiliados por computador (CAD) e dos modelos produzidos através destes desenhos (CAM), trouxeram uma grande evolução para os conceitos de tratamento na área da implantodontia (Orentlicher; Abboud, 2011). A TC e o software de planejamento de cirurgia de implantes 3D podem não só fornecer aos profissionais, informações 3D das estruturas anatômicas dos pacientes, mas também dados relativos à prótese final do paciente. Estes dados digitais podem ser combinados com a tecnologia CAD/CAM e conduzindo ainda a um fluxo de trabalho digital que levará a produção de um modelo estereolitográfico através de um sistema de prototipagem (Chen et al., 2010; Tahmaseb et al., 2014).

De acordo com o consenso publicado em 2009, o termo “cirurgia guiada por computador” é definido como o uso de um guia cirúrgico estático que reproduz a posição virtual do implante diretamente dos dados da TC e não permite modificação trans-operatória da posição do implante (Hämmerle et al., 2009).

Nesta cirurgia (estática) guiada por computador, é utilizado um guia cirúrgico estático que transfere a posição do implante virtual da tomografia computadorizada para o sítio cirúrgico. Essas guias são produzidas por tecnologias de projeto assistido por computador / fabricação assistida por computador, como a estereolitografia que é um dos métodos mais detalhados de prototipagem rápida e impressão 3D disponíveis atualmente, ou manualmente em um laboratório de prótese dentária, usando dispositivos de posicionamento mecânico ou máquinas de perfuração (Vercruyssen et al., 2000).

A estereolitografia (SLA) é a tecnologia de prototipagem mais conhecida e mais utilizada na odontologia para a produção de guias cirúrgicos por meio de um sistema CAD (Orentlicher; Abboud, 2011).

A precisão de fabricação, isto é, a precisão da conversão dos dados CAD em um modelo físico, depende principalmente do tipo de tecnologia CAM implementada. Van Steenberghe et al. descobriram que a precisão típica para fabricação na técnica de adição, ou seja, fabricados através da impressora 3D, fica entre 0,1 a 0,2 mm (Van Steenberghe et al., 2002). A técnica de subtração, ou fresagem, que é mais trabalhosa e cara, parece superior em termos de precisão de produção dos guias cirúrgicos em comparação com as tecnologias de prototipagem rápida (STL) (Park et al., 2014).

A cirurgia de implante através da técnica guiada, tem sido demonstrada ser um tratamento eficiente, que reduz a probabilidade de danos nas estruturas críticas adjacentes, como tecidos ósseos, inervações, raízes dentárias adjacentes e cavidades sinusais. A principal vantagem da cirurgia guiada é a capacidade de planejar e otimizar a posição do implante em uma forma de posicionamento orientada para restauração. Além do mais, a técnica guiada por computador pode ajudar a diminuir o desconforto pós-operatório e permite a função imediata, pois permitem a colocação de implantes com o mínimo de trauma cirúrgico (Hultin et al., 2012; Ramasamy et al., 2013).

Os limites do uso da cirurgia guiada estática são definidos pelo desvio máximo observado entre o planejamento e o resultado pós-operatório. Os desvios podem refletir a soma de todos os erros que ocorrem da imagem à transformação dos dados em um guia, ao melhor posicionamento do último durante a cirurgia. Assim, todos os erros, embora raramente ocorram, podem ser cumulativos (Bou Serhal et al., 2002a).

A precisão é definida como a correspondência da posição do implante planejado no software com a posição real do implante na boca do paciente. A precisão do implante ou do local da osteotomia é expressa principalmente por quatro parâmetros: desvio no ponto de entrada; desvio no ápice; desvio do longo eixo; e desvio em altura / profundidade. A correspondência entre o planejado e a posição do implante posicionado pode ser baseada em uma segunda tomografia computadorizada (permitindo a correspondência entre o planejamento pré-operatório e as posições de implante no pós-operatório) ou

através de “model matching” (comparando modelos pré e pós-operatórios de mandíbula tratada) (Katsoulis et al., 2012).

Trabalhos realizados sobre a veracidade e a precisão das cirurgias guiadas tem mostrado bastante divergência quanto aos resultados, porém nestes estudos tem sido avaliados os guias fabricados manualmente e os obtidos por impressoras 3D (estereolitografia), mas não foram avaliados os guias confeccionados por uma fresadora de alta precisão.

O problema mais significativo na cirurgia de implante guiada é o “desvio” entre a posição planejada e posição real de colocação do implante. Vários fatores podem contribuir para essas imprecisões. As possíveis causas dos erros incluem problemas de resolução espacial na TC, técnicas de fusão da TC e dados do escaneamento, erros na fabricação do guia cirúrgico, estabilidade inadequada do guia cirúrgico, erros de perfuração, além de outros fatores, como a espessura do tecido mole, o movimento do paciente e os tipos de software usados (Behneke et al., 2012).

Nos últimos anos, diversos estudos têm sido realizados sobre diferentes fatores que afetam a acurácia da cirurgia guiada (Behneke et al., 2012; Tapie et al., 2015), e revisões sistemáticas (Tahmaseb et al., 2014; Raico Gallardo et al., 2017), têm avaliado muito bem esses estudos, com foco na acurácia, vantagens clínicas, sobrevida, complicações da cirurgia guiada por computador e a influência do uso de diferentes tipos de guia. No entanto, apenas dados limitados e incompletos foram fornecidos em estudos clínicos com relação à precisão e influência de fatores clínicos relevantes, exceto para tecidos de suporte (Raico Gallardo et al., 2017). Ainda não há parâmetros padronizados para a avaliação do desvio, o que leva à diversidade resultados e, portanto, dificilmente podem fornecer uma indicação eficaz para a aplicação clínica da cirurgia guiada. O objetivo deste estudo foi avaliar a acurácia de guias do tipo fresado e impresso a partir de um único planejamento virtual.



## 2 REVISÃO DE LITERATURA

Ozan et al. (2009) realizaram um estudo com o objetivo de determinar os desvios angulares e lineares tanto da plataforma quanto do ápice do implante entre implantes planejados e inseridos através de guia cirúrgicos estereolitográficos. Foram colocados um total de 110 implantes usando guias cirúrgicos confeccionados a partir de tomografias computadorizados de feixe cônico (TCFC). Após a realização da tomografia de cada paciente, foram planejadas as instalações dos implantes em um software de planejamento e gerado um guia cirúrgico a partir deste planejamento virtual. Uma nova TCFC foi feita após a realização dos implantes, e através do software foram sobrepostas as imagens dos implantes planejados com os instalados, para comparação de suas posições e eixos. Trinta implantes foram colocados com guias suportados somente por dentes, trinta com guias suportados somente por osso em pacientes parcialmente ou totalmente desdentados e trinta com guias suportados por mucosa em pacientes totalmente edêntulos. Nos resultados, obtiveram como desvio angular médio entre os implantes colocados e angulados o valor  $4,1^\circ$ , enquanto o desvio linear  $1,11\text{mm}$  na plataforma do implante foi de  $1,41\text{mm}$  no ápice do implante. Comparando os desvios entre o guias suportados por dente, suportado por osso e suportado por mucosa respectivamente obtiveram respectivamente os seguintes resultados respectivamente: quanto ao desvio da angulação  $2,91^\circ$ ,  $4,63^\circ$  e  $4,51^\circ$ , quanto ao desvio linear na plataforma do implante  $0,87\text{mm}$ ,  $1,28\text{mm}$  e  $1,06\text{mm}$  e quanto ao desvio linear no ápice do implante  $0,95\text{mm}$ ,  $1,57\text{mm}$  e  $1,6\text{mm}$ . Os autores sugeriram que guias cirúrgicos estereolitográficos usando dados de TCFC podem ser confiáveis na colocação de implantes, e guias cirúrgicos suportados por dentes foram mais precisos do que guias cirúrgicos suportados por osso ou mucosa.

Arisan et al. (2010b) compararam a técnica de cirurgia guiada versus a técnica convencional. Foram selecionados 52 pacientes edêntulos totais, separados em três grupos: o primeiro foi constituído por 21 pacientes que receberam implantes com a técnica convencional (grupo controle); o segundo grupo, constituído por 16 pacientes que receberam implantes, por meio de guias ósseo-suportados (com retalho); e o terceiro grupo, constituído por 15 pacientes

que receberam implantes por meio de guias mucoso-suportados (sem retalho). Os resultados mostraram que o tempo cirúrgico (23.53 min) e o número de analgésicos consumidos (4 comprimidos) foram menores no grupo sem retalho, quando comparado ao grupo controle (68.71 min e 10 comprimidos) e ao grupo de guias ósseo-suportados (60.94 min e 11 comprimidos). Os autores concluíram que o uso de guias mucoso-suportados, para a colocação de implantes sem retalho, ajuda a reduzir a duração do ato cirúrgico, a intensidade da dor e diminui o consumo de analgésicos no período pós-cirúrgico.

Arisan et al. (2010a) compararam a acurácia da técnica de cirurgia guiada, de acordo com o tecido de suporte. Este estudo prospectivo incluiu 54 pacientes com edentulismo parcial e total. Foram avaliados no total 294 implantes instalados com dois sistemas de cirurgia guiada Stencad (KosGep, Turquia) e Simplant (Materialise, Bélgica). Os resultados mostraram que os guias dento-suportados apresentavam desvios angulares e lineares menores do que os guias ósseo- suportados; as diferenças foram estatisticamente significativas para ambos os sistemas. Adicionalmente, foi observado que os desvios médios no ápice do implante foram maiores do que no ponto de entrada. Os autores justificam que isto poder ter acontecido devido à falta de desvio angular, o qual aumenta conforme a profundidade da ponta da broca de perfuração dentro do osso.

Cassetta et al. (2014) verificaram que para minimizar o risco de complicações cirúrgicas e eventos inesperados da técnica com guias estereolitográficos deve se prestar a devida atenção a cada etapa do tratamento. Logo, torna-se essencial: 1) a verificação das imagens da TC; 2) precisão da máquina de estereolitografia e das propriedades físicas do material a ser usado para a confecção do guia; 3) correto assentamento do guia na boca, deve se prestar atenção no posicionamento do retalho, resiliência dos tecidos das estruturas anatômicas que suportam o guia; 4) a instalação de pelo menos três parafusos de fixação dispostos em forma de tripé para garantir a estabilização do guia.

Abbdoud et al. (2012) utilizaram dois tipos de sistemas para planejamentos de guias cirúrgicos através da impressora tridimensional para avaliar comportamento clínico e taxas de sobrevivência dos implantes. Os dois tipos de sistemas usados foram o SimPlant (8 pacientes) e NobelBiocare (6 pacientes) com um total de 75 implantes instalados. Foram utilizados guias suportados tanto por mucosa, dente ou osso. Observaram que, depois de 12 meses, um dos implantes foi perdido levando a uma taxa de sobrevivência de 98.7%. Concluíram que ambos os sistemas de cirurgia guiada eram suficientemente precisos para transferir as posições planejadas dos implantes para o campo cirúrgico, permitindo a instalação de próteses provisórias de carga imediata.

Behneke et al. (2012) analisaram os fatores que afetam a precisão dos guias cirúrgicos laboratoriais por meio de TCFC, para a instalação de implantes em pacientes parcialmente desdentados. Foi observado que nos locais em que o número de dentes residual era reduzido, o desvio dos implantes era mais pronunciado (0,4 mm). Concluíram que a instalação de implantes, através de guias cirúrgicos, permite uma transferência mais precisa do planejamento virtual para o local da cirurgia, do que a técnica de instalação sem guia a mão livre.

Hultin et al. (2012) realizaram uma revisão sistemática para avaliar as vantagens clínicas da cirurgia guiada por computador. Para isto, uma busca eletrônica foi realizada nas bases de dados: Cochrane, Embase (1974 a 2012), Medline / PubMed (1950 a 2012) e Web of Science (1945 a 2012). Foram identificados vários estudos prospectivos que apresentavam dados mostrando uma taxa de sobrevivência dos implantes de 89 a 100% e uma taxa de sobrevivência das próteses de 62 a 100%, por um período de observação de um ano. A complicação cirúrgica mais comum foi a fratura do guia cirúrgico. Já a complicação protética mais comum foi o afrouxamento do parafuso da prótese. A literatura científica existente demonstrou que a cirurgia guiada sem retalho pode ter benefícios na diminuição da dor do paciente e desconforto no pós-operatório imediato. Concluíram que não houve diferenças entre a técnica convencional e a guiada sobre a taxa de sobrevivência dos implantes instalados.

Ozan et al. (2012) realizaram um caso clínico de cirurgia guiada, no caso clínico foi utilizado um sistema de guia cirúrgico estereolitográficos (SLA) para a reabilitação de um paciente de 62 anos de idade com edentulismo mandibular. Após a obtenção de uma TCFC da mandíbula, as imagens foram transferidas para um software baseado em imagens tridimensionais (3D) onde foi feito o planejamento dos implantes. O sistema de guia cirúrgica StentCad Beyond SLA foi utilizado para projetar e para transferir uma posição de implante pré-operatória definida para o local de eleição. Os implantes foram avaliados 3 meses após a cirurgia, e uma prótese do tipo protocolo mandibular foi instalada. O presente caso enfatiza que os guias cirúrgicos CAD / CAM SLA, juntamente com imagens de TCFC, podem ajudar os profissionais a planejar e realizar os implantes dentários.

Soares et al. (2012) escreveram um estudo onde modelo in vitro foi desenvolvido e testado para avaliar a precisão de sistemas de implantes guiados. A precisão dos implantes dentários colocados com uma técnica sem retalho foi analisada usando um guia impresso tridimensionalmente in vitro. As diferenças entre as posições virtuais e reais dos implantes foram medidas nas seis mandíbulas de poliuretano. Guias estereolitográficos foram criados usando um software de planejamento virtual. Todos os guias estereolitográficos possuíam quatro orifícios para pinos de estabilização e três orifícios para implantes cilíndricos. Após a colocação do implante, as mandíbulas foram submetidas a outra TC para comparar as posições reais dos implantes com as posições planejadas. As imagens de TC pré e pós-implantação foram sobrepostas usando um software de processamento digital de imagens para avaliar os desvios lineares e angulares entre os dados de planejamento virtual e os resultados cirúrgicos. A discrepância angular média entre as posições virtual e real dos 18 implantes colocados foi de  $2,16 \pm 0,92$  graus. Entre os implantes colocados, 66,7% estavam situados em média  $0,38 \pm 0,03$  mm apicalmente à posição vertical planejada e 33,3% estavam situados  $0,39 \pm 0,03$  mm coronalmente à posição planejada. Dentro das limitações do presente estudo, esta ferramenta mostrou acurácia promissora na colocação de implantes virtuais.

Van Assche et al. (2012) realizaram uma revisão sistemática sobre a acurácia da cirurgia assistida por computador. Foram coletados artigos relacionados ao assunto na base de dados PubMed/Medline, de 1961 a dezembro 2011. Na meta-análise foram incluídos: dois estudos laboratoriais, 13 estudos clínicos e quatro estudos em cadáveres. Dez sistemas diferentes de cirurgia guiada assistida por computador foram utilizados (Ay-Design®, Aytasarim®, EasyTaxis®, SinterStationHiQ®, SurgiGuide®, Cofre SurgiGuide®, SICAT®, Med3D®, NobelGuide®, Facilitate®). Os resultados mostraram um desvio médio: no ponto de entrada de 0.99 mm, no ápice de 1.3 mm, profundidade de 0.5 mm e um desvio angular de 3.8°. Foi observada uma diferença estatística entre o osso versus dente ( $P < 0.05$ ) e osso versus mucosa ( $P < 0.05$ ). Porém a meta-análise somente incluiu dois estudos clínicos, os quais avaliaram o tipo de tecido de suporte dentro do mesmo estudo (Ozan et al., 2009). Os autores concluíram que foram identificados alguns fatores que poderiam influenciar negativamente a precisão da cirurgia guiada por computador, tais como: o suporte ósseo, o uso de guias múltiplas, a falta de fixação do guia e a inserção do implante no alvéolo cirúrgico sem guia. Existe pouca informação sobre o volume ósseo necessário e seu efeito sobre a precisão da técnica de cirurgia guiada.

Farley et al. (2013) descreveram um estudo que teve como objetivo comparar a precisão da reprodução de posições planejadas de implantes através de guias cirúrgicos convencionais e digitais. Dez pacientes receberam dois implantes cada um em localizações simétricas. Todos os implantes foram planejados virtualmente usando imagens de uma TCFC e imagens de escaneamento digital intra-oral. Os pacientes foram selecionados aleatoriamente para projeto onde foram instalados implante com guia cirúrgico em seu lado direito ou esquerdo. Guias convencionais foram usados no lado contralateral. Os pacientes foram submetidos à TCFC no pós-operatório. As posições planejadas e reais dos implantes foram comparadas usando análises tridimensionais. Os implantes colocados com guias digitais ficaram mais próximos das posições planejadas em todas as oito categorias examinadas. No entanto, diferenças estatisticamente significativas foram mostradas apenas para distâncias horizontais coronais. Também foi demonstrado que os guias digitais

apresentaram menor variabilidade do que os convencionais, o que foi estatisticamente significativo para a distância apical. Concluíram que os implantes colocados com guias cirúrgicos digitais proporcionaram maior acurácia no sentido lateral do que os guias convencionais. Além disso, os guias digitais foram mais consistentes em seu desvio dos locais planejados do que os guias convencionais.

Lee et al. (2013) estudaram a precisão da cirurgia de implante guiada e planejadas digitalmente foram avaliados para validar ainda mais a aplicação clínica desta técnica. Um total de 102 implantes em 48 pacientes foram incluídos neste estudo. A cirurgia de implante foi realizada com um guia digital impresso (estereolitográfico). As TC pré e pós-operatórias foram usadas para comparar os implantes planejados e colocados. A acurácia e foi analisada estatisticamente. As diferenças foram consideradas estatisticamente significativas em  $P \leq 0,05$ . Os erros médios da cirurgia de implante guiada foram de 1,09 mm no centro coronal, 1,56 mm no centro apical e o desvio do eixo foi  $3,80^\circ$ . Os casos de áreas edêntulas anteriores e posteriores mais extensas afetou a precisão da guia do implante. O controle de erros no ato cirúrgico por conta da estabilização da parte anterior dos guias são necessários para uma cirurgia de implante segura.

Novellino et al. (2013) avaliaram se a introdução de um dispositivo resultante da combinação de um encaixe o'ring a um ortoimplante (o'ring ortho implant) nas guias da técnica de cirurgia guiada convencional, contribui para minimizar os desvios da posição e inclinação de implantes, no momento da sua colocação. Foram confeccionados 10 modelos simulando tecido ósseo, divididos aleatoriamente em 2 grupos: 5 com a guia tomográfica e cirúrgica da técnica usual, representando o grupo controle (C), e 5 com as guias fixadas a o'ring ortho implants, representando o grupo experimental (T). Quarenta implantes de 4 x 11 mm foram instalados nos grupos, usando as respectivas guias tomográficas e cirúrgicas. A avaliação dos resultados foi realizada pela sobreposição dos planejamentos virtuais, derivados de tomografias computadorizadas pré-cirúrgicas, com as realizadas após a colocação dos implantes. Não houve diferenças estatisticamente significantes para os desvios angulares. No entanto, os valores angulares do grupo T mostraram menor desvio padrão em relação aos do grupo C. O uso de o'ring ortho implants pode minimizar as alterações de

posicionamento dos implantes no momento da sua colocação, beneficiando a técnica da cirurgia virtual guiada.

Cassetta et al. (2013) realizaram uma pesquisa com o objetivo de avaliar a precisão dos implantes inseridos usando uma guia cirúrgica estereolitográfica suportada por mucosa e determinar a influência da técnica cirúrgica (guia fixo com parafuso de travamento ou guia sem fixação), arcada (maxila ou mandíbula) e hábito de fumar (mucosa normal ou hiperplásica) em relação a precisão. Em indivíduos totalmente desdentados, foi realizada TC pré-operatória e suas imagens utilizadas para planejar as posições dos implantes. Após a colocação dos implantes, a TC foi realizada novamente e as imagens pré-cirúrgicas e pós-operatórias foram comparadas. Com um software de computador, os contornos da mandíbula das duas tomografias foram combinados e os desvios entre as posições planejadas e reais dos implantes foram avaliados. A técnica cirúrgica, tipo de arcada e o hábito de fumar foram examinados como variáveis independentes e sua influência na acurácia foi avaliada com o teste t. Vinte e oito guias cirúrgicos (225 implantes) foram incluídos neste estudo. Desvios entre as posições planejadas e reais foram vistos nas dimensões na posição da plataforma do implante ( $1,68 \pm 0,6$  mm), posição apical ( $2,19 \pm 0,83$  mm) e dimensões angulares ( $4,67 \pm 2,68$  graus). A fixação das guias cirúrgicas (fixa: 4,09 graus; não fixa: 5,62 graus) e o uso da guia nos tipos de arcadas (4,36 graus; mandíbula: 5,46 graus) resultaram em desvios angulares significativamente menores (ou seja, melhor precisão). Pacientes não fumantes apresentaram acurácia estatisticamente significativamente melhor nos desvios coronais globais (não fumantes: 1,54 mm; fumantes: 1,83 mm) e apicais (não fumantes: 2,08 mm; fumantes: 2,27 mm). Concluíram que a superfície de apoio do guia e a fixação do mesmo melhoraram a precisão da cirurgia. A redução da espessura da mucosa em não fumantes diminuiu o desvio da posição tanto da plataforma quanto região apical do implante.

Park et al. (2014) descreveram um estudo que teve como objetivo comparar e avaliar a precisão de guias cirúrgicos fabricados através do fresamento de cinco eixos em relação a um guia fabricado por uma impressora tridimensional. Simuladores mestres com 10 cilindros de guta-percha embutidos escondidos sob a gengiva artificial foram fabricados e submetidos a TCFC. Os

vetores dos cilindros escondidos foram extraídos e transferidos para os dos implantes planejados por meio de engenharia reversa usando software de planejamento virtual. Um modelo produzido por uma impressora 3D foi fabricado em fotopolímero no centro de acordo com os dados planejados. As anilhas de metal foram coladas após os furos serem perfurados em ambos os guias. As diferenças entre os dois grupos foram comparadas por análise de dois fatores de medidas repetidas através de um software onde foram sobrepostas as imagens escaneadas dos dois guias. A partir da imagem da engenharia reversa do gabarito no modelo experimental, os gabaritos produzidos pela impressora 3D mostraram desvios significativamente maiores do que as guias cirúrgicas fresadas. Concluíram que uma comparação entre os métodos de fresagem e produção na impressora 3D mostrou que uma guia cirúrgica fresada apresentou desvios significativamente menores.

Patzelt et al. (2014) realizaram um estudo para avaliar a acurácia da estereolitografia de um arco completo e modelos fresados obtidos a partir de escaneamentos intraorais com três marcas de escâneres intraorais. Os autores digitalizaram um modelo de poliuretano usando um scanner de referência de bancada e três intraorais. Usando software de avaliação 3D, os autores sobrepueram os conjuntos de dados e os compararam.

Os valores médios de exatidão do Lava Chairside Oral Scanner C.O.S. (3M ESPE, St. Paul, Minn.), CEREC AC com Bluecam (Sirona, Bensheim, Alemanha) e iTero (Align Technology, San Jose, Califórnia), foram 67,50 micrômetros, 75,80  $\mu\text{m}$  e 98,23  $\mu\text{m}$ , respectivamente, com uma diferença estatisticamente significativa entre todos os scanners ( $P < 0,05$ ). Os valores médios de precisão foram 13,77  $\mu\text{m}$ , 21,62  $\mu\text{m}$  e 48,83  $\mu\text{m}$ , respectivamente, com diferenças estatisticamente significativas entre CEREC AC com Bluecam e iTero, bem como entre Lava Chairside Oral Scanner C.O.S. e do iTero ( $P < 0,05$ ). Todos os escaneamentos mostraram um nível aceitável de precisão.

Souza et al. 2014 apresentaram uma investigação das interações ferramenta/peça não planas em fresamento de forma livre usando uma ferramenta de corte de ponta esférica, uma técnica amplamente aplicada na fabricação de matrizes e modelos. A influência da velocidade de corte nas forças

de corte, qualidade superficial da peça e formação de gaps foram avaliadas considerando as alterações específicas do contato ferramenta/superfície ao longo do tempo de corte. Uma equação trigonométrica foi desenvolvida para identificar o contato ferramenta/peça ao longo do caminho da ferramenta e o ponto onde a ponta da ferramenta deixa o contato com a peça. A validação experimental foi realizada em um centro de usinagem utilizando uma ferramenta de corte de ponta esférica de metal duro e uma peça de aço AISI P20. Os resultados experimentais demonstraram o efeito negativo do engate da ponta da ferramenta no corte no desempenho da usinagem. O comprimento desse engate depende da ferramenta e dos raios de curvatura da peça de trabalho e do material em estoque. Quando o centro da ponta da ferramenta está na região de corte, o material é removido por cisalhamento junto com a deformação plástica. Tais condições aumentam a força de corte e a rugosidade da superfície e levam a um processo de usinagem instável.

Tahmaseb et al. (2014) realizaram uma revisão sistemática para avaliar a precisão, desempenho clínico, falhas e complicações das diferentes técnicas de cirurgia guiada assistida por computador. Foram usados 2321 artigos pesquisados na base de dados da PubMed e Embase, desde janeiro de 2008 até janeiro de 2012. Nove diferentes sistemas de orientação foram utilizados nos trabalhos para confecção dos guias cirúrgicos. Observaram um erro médio total de 1,12 mm com um máximo de 4,5 mm no ponto de entrada medido em 1.530 implantes e 1,39 mm no ápice com um máximo de 7,1 mm medido em 1.465 implantes. A taxa de falha dos implantes foi de 2,7% (total de 1.941 implantes) em um período de observação de 12 meses. Também foi observada uma alta taxa global de complicações cirúrgicas, protéticas e eventos inesperados de 36.4%, os quais ocorreram em diferentes níveis de complexidade incluindo: fraturas do guia durante a cirurgia, mudança de planos por causa de fatores como limitada estabilidade primária do implante, necessidade de enxerto, afrouxamento do parafuso protético, desajuste protético e fratura da prótese.

Vercruyssen et al. (2014) realizaram um estudo clínico randomizado de três técnicas para a instalação de implantes dentários: 1) cirurgia guiada com guias estereolitográficos mucoso e ósseo-suportados; 2) navegação virtual; e 3) guias laboratoriais. Foram incluídos 59 pacientes, que receberam de quatro a

cinco implantes (maxila e mandíbula). Ao final de cada cirurgia, foi feita uma TCFC pós-operatória para comparar a posição planejada com a posição final do implante, a fim de determinar o desvio. Os resultados mostraram que a média do desvio, no ponto de entrada e no ápice, foi menor no grupo de cirurgia guiada (1.4 mm e 1.6 mm, respectivamente), em comparação com o grupo de navegação (2,7 mm e 2,9 mm, respectivamente) e ao grupo de guias laboratoriais (3.0 mm e 4 mm, respectivamente). Não houve diferenças significativas entre os tipos de tecido de suporte (osso e mucosa). Concluíram que a técnica de cirurgia guiada oferece claras vantagens com respeito à precisão, porém cada etapa do protocolo deverá ser abordada com sumo cuidado para evitar possíveis erros na posição final do implante.

Bindl (2015) realizou um caso clínico mostrando que já é possível produzir guias cirúrgicos totalmente digitais com Cerec Guide 2 (Sirona) a de forma relativamente rápida, eficiente e econômica. A solução descrita mostra a eficiência vantajosa, em comparação com outros sistemas atualmente no mercado, de um procedimento que não requer a produção externa do guia cirúrgico em laboratório ou centro de manufatura.

Geng et al. (2015) avaliaram resultados clínicos de implantes colocados usando diferentes tipos de guias cirúrgicos pelo método digital, incluindo guias dento suportados e guias mucosuportados, e determinaram a precisão desses guias. No total, 111 implantes foram colocados em 24 pacientes usando guias cirúrgicos. Após a inserção destes implantes, as posições e angulações dos implantes colocados em relação aos planejados foram determinadas usando um software especial que combinava imagens de tomografia computadorizada (TC) pré e pós-operatória, e os desvios foram calculados e comparados entre os diferentes guias. Observam que os desvios angulares médios foram  $1,72 \pm 1,67$  e  $2,71 \pm 2,58$ , os desvios médios na posição na plataforma foram  $0,27 \pm 0,24$  e  $0,69 \pm 0,66$  mm, os desvios médios na posição no ápice foram  $0,37 \pm 0,35$  e  $0,94 \pm 0,75$  mm, e os desvios médios de profundidade foram  $0,32 \pm 0,32$  e  $0,51 \pm 0,48$  mm com guias estereolitográficos suportados por dente e mucosa, respectivamente ( $P < 0,05$  para todos). Os desvios de distância média dos guias dento suportados (29 implantes) e dos muco suportados (30 implantes) usados foram  $0,54 \pm 0,50$  mm e  $0,89 \pm 0,78$  mm, respectivamente, e na plataforma foram

de  $1,10 \pm 0,85$  mm e  $0,81 \pm 0,64$  mm, respectivamente. No ápice, obtiveram desvios angulares médios de  $2,56 \pm 2,23^\circ$  e  $2,90 \pm 3,0^\circ$ . Concluíram que as guias cirúrgicas suportadas por dentes podem ser mais precisas do que as guias suportadas pela mucosa.

Lee et al. (2015) realizaram um estudo para comparar a precisão dos modelos de gesso adquiridos através da moldagem do implante convencional com os modelos impressos através de uma impressora tridimensional criados a partir da digitalização direta. Foram preparados 30 modelos de gesso e 30 modelos impressos diretamente de um modelo de referência. Os modelos foram digitalizados por um scanner de bancada e que foram importados para um software de inspeção. Os conjuntos de dados escaneados foram alinhados ao conjunto de dados de referência. As áreas foram agrupadas por cúspides, fossas, contatos interproximais, eixos horizontais e verticais de posição e angulação do implante. As áreas agrupadas foram analisadas estatisticamente comparando cada grupo com o modelo de referência para investigar os desvios volumétricos médios responsáveis pela exatidão e os desvios padrão pela precisão. Modelos impressos tiveram precisão comparável aos modelos de gesso de impressões convencionais. No entanto, as diferenças nas fossas e no deslocamento vertical da posição do implante a partir dos modelos de gesso e impresso em relação ao modelo de referência, exibiram significância estatística ( $p < 0,001$ ,  $p = 0,020$  respectivamente).

Schmitz et al. (2008) descrevem um estudo de caso desenvolvido para quantificar as contribuições relativas de erros geométricos, térmicos, de contorno e de força de corte para erros dimensionais de peças usinadas em fresadoras odontológicas. As medições foram realizadas para avaliar de forma independente: (1) erros geométricos quase estáticos usando a barra de esfera do laser; (2) variações em erros geométricos devido a efeitos térmicos; (3) erros de crescimento térmico do fuso usando um medidor de capacitância; (4) erros de contorno bidimensionais usando um codificador de placa de grade; e (5) erro de localização de superfície devido a vibrações forçadas (estáveis) durante o corte. Os efeitos dos três primeiros componentes de erro foram relacionados às dimensões da peça usando uma matriz integrada. Uma comparação das influências individuais dessas fontes de erro mostrou que o erro da força de corte

foi dominante para a combinação centro de usinagem de alta velocidade / eixo onde encaixa a freza selecionada para este estudo.

Pozzi et al. (2016) realizaram uma revisão sistemática para avaliar a precisão da colocação de implantes guiada por computador para dentes ausentes, bem como analisaram as eventuais vantagens clínicas e resultados do tratamento. Os resultados foram precisão; falhas de implantes e próteses; complicações biológicas e mecânicas; perda óssea marginal (MBL); índice de sangramento (SBI); resultados estéticos e clínicos. Trinta e dois estudos preencheram os critérios de inclusão e foram incluídos na revisão: dois ensaios clínicos randomizados controlados, seis estudos observacionais de coorte única prospectivos, um estudo observacional retrospectivo, três estudos comparativos in vitro, 10 relatos de caso e 10 revisões sistemáticas. Um total de 209 pacientes (18 a 67 anos) foram tratados com 342 implantes por meio de cirurgia de implante guiada por computador. Onze softwares de planejamento de implantes e sistemas de cirurgia guiada foram utilizados e avaliados. Chegaram à conclusão que a cirurgia guiada por computador para um único dente ausente fornece um planejamento de tratamento abrangente, posicionamento confiável do implante, resultados clínicos e estéticos favoráveis. Uma guia suportada por dente para o tratamento de um único dente ausente resulta em maior precisão do posicionamento do implante do que modelos sustentados por mucosa ou osso. A evidência científica limitada disponível sugere que a cirurgia guiada leva a taxas de sobrevivência do implante tão boas quanto os protocolos convencionais à mão livre. A cirurgia guiada por computador implica em custos adicionais, que devem ser analisados em termos de custo-benefícios, considerando a redução do tempo cirúrgico, da dor e do edema pós-operatórios, bem como, o potencial aumento da acurácia. Ensaios clínicos randomizados de longo prazo são extremamente necessários para investigar o desempenho clínico da cirurgia guiada em pacientes parcialmente edentados.

Verhamme et al. (2015b) determinaram a precisão clínica relevante da instalação de implantes, utilizando um planejamento virtual e um guia cirúrgico muco-suportado. Para isto, foram selecionados 30 pacientes que apresentavam problemas relacionados à retenção das próteses totais superiores. Os resultados deste estudo mostraram que 41.3% de todos os implantes foram colocados

vestibularizados e 42.3% mesializados em comparação com a posição planejada. Estas imprecisões podem ser explicadas, principalmente, por causa do jogo entre a broca e o anel do guia. Adicionalmente, um movimento anterior do guia cirúrgico pode resultar num posicionamento anterior dos implantes. Concluíram que deve-se prestar atenção extra na colocação do guia, em direção anterior/posterior, pois isto parece ser crucial na redução dos desvios dos implantes no sentido vestibular e mesial.

Verhamme et al. (2015a) analisou a acurácia da instalação de implantes dentários, usando guias mucoso-suportados, em maxilas com severa reabsorção óssea. Neste estudo prospectivo, 25 pacientes desdentados foram selecionados. Todos os pacientes apresentavam atrofia severa do maxilar com uma altura e/ou largura do rebordo alveolar inferiores a 5mm. Todos os pacientes receberam enxertos ósseos da crista ilíaca, sob anestesia geral. Os implantes foram instalados 6 meses após o aumento. Um total de 150 implantes foi instalado em 25 pacientes (13 do sexo feminino, 12 do sexo masculino). No sentido méso-distal, o desvio no ápice foi de 1.50 mm; no ponto de entrada, 1.27 mm; e o desvio angular de 2.50°. Em 11 pacientes foram usados pinos de fixação; enquanto que em 14 casos, estes não foram utilizados. O uso dos parafusos de fixação não mostrou diferenças estatisticamente significativas no desvio do implante, nem na rotação e translação do guia cirúrgico. Os autores concluíram que os desvios dos implantes instalados com guias mucoso-suportados em maxilas atróficas foram maiores, em comparação aos desvios descritos na literatura dos implantes instalados em maxilas sem reabsorção óssea severa. Os desvios são causados principalmente por angulações e deslocamentos dos guias cirúrgicos.

Koch et al. (2016) realizaram um estudo in vitro para calcular distorção no processo de fresagem de uma coroa de implante. Foram elaborados 30 modelos fresados digitalmente feitos diretamente de um modelo de referência. Os modelos foram digitalizados com um scanner de bancada e os arquivos foram importados para o software de inspeção. Em cada análise, os conjuntos de dados STL foram alinhados por um algoritmo de melhor ajuste e 18 locais de contato especificados de interesse foram medidos em desvios volumétricos médios. Os 18 locais de interesse especificados foram agrupados por cúspides,

cristas / fossas oclusais, contatos interproximais, aspecto vestibular / lingual e posição do implante. As áreas agrupadas foram analisadas estatisticamente comparando cada grupo com o modelo de referência para investigar os desvios volumétricos médios responsáveis pela exatidão e os desvios padrão pela precisão. Nos resultados observaram que as variações de software e scanner eram insignificantes. Os locais observados podem descrever a confiabilidade do processo de fresamento, uma vez que se aplica a locais anatômicos específicos no dente.

Bover-Ramos et al. (2018) realizam uma revisão sistemática onde o objetivo foi analisar a precisão da colocação de implantes usando cirurgia guiada por computador e comparar o planejamento virtual e o resultado em relação ao tipo de estudo (in vitro, clínico ou cadáver). Um outro objetivo foi comparar a precisão da cirurgia de implante guiada parcial com a da cirurgia de implante totalmente guiada. As informações sobre 3.033 implantes foram analisadas em 8 estudos in vitro (543 implantes), 4 estudos em cadáveres (246 implantes) e 22 estudos clínicos (2.244 implantes). Desvio apical horizontal e desvio angular significativamente menor foram observados em estudos in vitro em comparação com estudos clínicos e em cadáveres, mas não houve diferenças estatisticamente significativas no desvio coronal apical ou desvio vertical entre os grupos. Em comparação com a cirurgia guiada parcialmente, a cirurgia de implante totalmente guiada mostrou significativamente menos desvio coronal horizontal para estudos em cadáveres, significativamente menos desvio apical horizontal para estudos clínicos e significativamente menos desvio angular para estudos clínicos e em cadáveres. Chegaram à conclusão que a precisão da colocação do implante foi menor em estudos clínicos e em cadáveres em comparação aos estudos in vitro, especialmente em termos de desvio apical horizontal e desvio angular. A cirurgia de implante totalmente guiada alcançou maior precisão do que a cirurgia parcialmente guiada.

Cristache e Gurbanescu (2017) realizaram um estudo para observar a precisão dos guias cirúrgicos gerados através das impressoras tridimensionais. Foi utilizado o 3Shape Implant Studio para a realização do planejamento cirúrgico, obtendo imagens do escaneamento intra oral e de uma TC. Foram gerados dez guias através da impressora Form2 da marca Formlab. A diferença

média na direção mesio distal da crista alveolar entre implantes planejados e implantes colocados foi de 0,28 mm (variação de 0,05 a 0,62 mm) e a diferença na direção vestibulo lingual foi de 0,49 mm (variação de 0,08 a 0,72 mm). O desvio médio da angulação mesio distal foi de 0,84 (variação de 0,08 a 4,48) e o desvio médio da angulação vestibulo lingual foi de 3,37 (variação de 1,12 a 6,43). Foi concluído que os guias cirúrgicos de implante estereolitográfico fabricados em consultório apresentam precisão semelhante aos guias preparados pelo laboratório ou pelo fabricante.

Homsy et al. (2018) realizaram um estudo para comparar a precisão de coroas tipo onlay em relação a adaptação marginal e adaptação interna. Neste estudo foi criados 5 grupos, no primeiro grupo foi realizada uma moldagem no preparo por alginato, criando um modelo de gesso tipo IV e assim realizando a onlay através da técnica de injeção após a cera ser esculpida; o grupo 2 foi realizada a moldagem através de uma silicona de adição assim gerando um modelo de gesso tipo IV, neste modelo foi realizado o escaneamento onde se adquiriu o enceramento frezado para ser injetado; enquanto no grupo 3 foi impresso através de uma impressora 3D o enceramento para ser injetado; o grupo 4 já foi realizado um escaneamento direto sobre o preparo onde foi obtido por meio de uma fresadora o enceramento para ser injetado e o grupo 5 da mesma forma porém impresso para sofrer a injeção. Grupo 4 mostrou a menor discrepância marginal (24,3 mm) em comparação com os dos grupos 1 (45,1 mm), 2 (33,7 mm), 3 (39,8 mm), e 5 (39,7 mm) ( $P < .001$ ). Não foram detectadas diferenças estatísticas significativas de entre os grupos 1, 2, 3 e 5 em relação à discrepância marginal. A discrepância interna foi significativamente maior do que a discrepância marginal dentro de todos os grupos ( $P < 0,001$ ). As onlays de vitrocerâmica de dissilicato de lítio produzidos a partir de digitalizações digitais e fresagem de cera resultaram em melhor precisão de ajuste interno e marginal do que impressão e fabricação convencional. Os padrões de cera impressos tridimensionais produziram valores de ajuste semelhantes aos dos onlays encerados convencionalmente.

Kim et al. (2018) neste estudo, avaliaram a precisão e acurácia de modelos dentais impressos em impressoras tridimensionais (3D) por meio de diferentes técnicas de impressão. Métodos: Modelos de referência digital foram

impressos 5 vezes usando aparelho de estereolitografia (SLA), processamento digital de luz (DLP), fabricação de filamento fundido (FFF) e a técnica PolyJet. Os modelos impressos em 3D foram digitalizados e avaliados para medidas de dente, arco e oclusão. Foi observado que, exceto na exatidão das medidas de oclusão, houve diferenças significativas em todas as medidas entre as 4 técnicas ( $P = 0,001$ ). Para medições gerais do arco, as técnicas SLA ( $141 \pm 35$  mm) e PolyJet ( $86 \pm 17$  mm) exibiram valores RMS médios de exatidão significativamente diferentes do DLP ( $469 \pm 49$  mm) e FFF ( $409 \pm 36$  mm) ( $P < 0,05$ ). Foi concluído que as três técnicas de impressão mostraram diferenças significativas em precisão de todas as medições e fidelidade das medições de dente e arco. As técnicas PolyJet e DLP foram mais precisas do que as técnicas FFF e SLA, com a técnica PolyJet tendo a maior precisão.

Raico Gallardo et al. (2017) realizaram uma revisão sistemática e de meta-análise para comparar a acurácia da cirurgia de implante assistida por computador, utilizando diferentes tecidos de suporte (dente, mucosa ou osso). Para a avaliação da precisão, os estudos foram incluídos com as seguintes medidas de resultados: (I) desvio angular, (II) desvio no ponto de entrada e (III) desvio no ápice. Oito estudos clínicos dos 1602 artigos inicialmente identificados preencheram os critérios de inclusão para a análise qualitativa. Quatro estudos ( $n = 599$  implantes) foram avaliados usando meta-análise. Os guias suportados pelo tecido ósseo mostraram um desvio estatisticamente significativo maior no ângulo ( $P < 0,001$ ), no ponto de entrada ( $P = 0,01$ ) e no ápice ( $P = 0,001$ ) quando comparados aos guias suportados pelos dentes. Por outro lado, quando apenas estudos retrospectivos foram analisados, não foram reveladas diferenças significativas no desvio do ponto de entrada e do ápice. Os guias apoiados na mucosa indicaram uma redução estatisticamente significativa no desvio do ângulo ( $P = 0,02$ ), desvio no ponto de entrada ( $P = 0,002$ ) e desvio no ápice ( $P = 0,04$ ) quando comparado com os guias suportados pelo osso. Entre os guias com suporte de mucosa e dente, não houve diferenças estatisticamente significativas para nenhuma das medidas de desfecho. Pode-se concluir que o tecido do suporte do guia influencia a precisão da cirurgia de implante assistida por computador.

Verhamme et al. (2017) realizaram um estudo para observar se a distorção entre o planejamento cirúrgico e o resultado final da cirurgia utilizando guias cirúrgicos, diminuiriam utilizando parafusos de fixação entre o guia e o osso, estabilizando o guia cirúrgico. Doze pacientes totalmente desdentados com reabsorção extrema da maxila foram submetidos a cirurgia de instalação de implantes pela técnica de cirurgia guiada. O planejamento virtual do implante foi realizado e orifícios foram criados para a fixação dos mesmo por meios de parafusos. Posteriormente, seis implantes foram instalados utilizando o guia cirúrgico. Os desvios dos implantes entre o planejamento e a colocação foram calculados. Um total de 72 implantes foram instalados. Os desvios médios encontrados na direção mesio-distal foram de 0,817 mm no ápice do implante e na plataforma do implante foram de 0,528 mm. O desvio angular foi de 2,9248 graus. No sentido vestibulo-lingual, foi registrado um desvio de 1,038 mm no ápice do implante e 0,633 mm na plataforma do implante. O desvio angular foi de 3,4408 graus. Este estudo mostrou que a colocação de implantes na maxila usando um guia cirúrgico suportado por parafusos é mais preciso.

Zhou et al. (2018) revisaram sistematicamente a literatura odontológica atual em relação à precisão clínica da cirurgia de implante guiada e analisaram os fatores clínicos envolvidos. Estudos clínicos com as seguintes medidas de desfecho foram incluídos: desvio do ângulo, desvio no ponto de entrada e desvio no ápice. Os fatores clínicos envolvidos foram avaliados posteriormente. Quatorze estudos clínicos de 1951 artigos inicialmente identificados e preencheram os critérios de inclusão. A análise de meta-regressão revelou um desvio médio no ponto de entrada de 1,25 mm (intervalo de confiança de 95%), 1,57 mm (IC 95%) no ápice e 4,1 no ângulo (95 % IC). Uma diferença estatisticamente significativa ( $P < 0,001$ ) foi observada nos desvios angulares entre a maxila e a mandíbula. A cirurgia parcialmente guiada mostrou um desvio maior estatisticamente significativo no ângulo ( $P < 0,001$ ), no ponto de entrada ( $P < 0,001$ ) e no ápice ( $P < 0,001$ ) em comparação com a cirurgia totalmente guiada. O resultado da cirurgia guiada sem retalho indicou significativamente mais precisão no ângulo ( $P < 0,001$ ), no ponto de entrada ( $P < 0,001$ ) e no ápice ( $P < 0,001$ ). Diferenças significativas foram observadas no desvio angular com base no uso do parafuso de fixação ( $P < 0,001$ ). Concluíram que a posição do

guia, a fixação da guia e o tipo de guia podem influenciar a precisão da cirurgia de implante auxiliada por computador. Um sistema totalmente guiado com parafusos de fixação com protocolo sem retalho demonstrou maior acurácia.

Bell et al. (2018) realizaram um estudo para avaliar a precisão dos implantes colocados usando dois diferentes materiais de cirurgia de implante guiada: termoplástico versus impresso tridimensionalmente (3D). Todos os modelos foram planejados e exportados para impressão através do software BlueSkyBio Plan. Um total de 20 mandíbulas foram usados para a colocação dos implantes, os implantes foram colocados utilizando as guias cirúrgicas termoplásticas e impressas 3D, representando os dois grupos de teste, seguindo o protocolo cirúrgico guiado da Nobel Biocare. Foram realizadas TC pós cirúrgicas para serem avaliadas de acordo com o planejamento pré-cirúrgico. O desvio da cabeça do implante, do ápice do implante e do ângulo foram avaliados. Não houve diferença significativa nos desvios angulares dos implantes colocados com guias cirúrgicas termoplásticas em comparação com aqueles colocados com a guia cirúrgica impressa em 3D. No entanto, as localizações da cabeça do implante e do ápice do implante foram significativamente mais precisas para os implantes colocados com as guias cirúrgicas impressas em 3D em comparação com aqueles colocados com as guias cirúrgicas termoplásticas.

Bencharit et al. (2018) realizaram um estudo transversal comparando a cirurgia total e parcial de implantes com guia cirúrgico. A TCFC (iCAT FLX V10) pré-operatória e os encaneamentos intraorais (3shape) foram usadas para planejar os locais dos implantes através dos softwares ImplantStudio(2016) e 360dps. Os guias cirúrgicos foram então fabricados usando uma impressora tridimensional estereolitográfica (Dental SG resin, Formlabs). A TCFC pós-operatória foi utilizada para avaliar a precisão da colocação. Desvios das posições planejadas foram usados como as principais variáveis de resultado. O software de planejamento utilizado, os sistemas de implantes e as posições anterior / posterior foram as variáveis de desfecho secundárias. As diferenças entre as posições planejadas e reais dos implantes nas dimensões mesial, distal, vestibular e lingual e as angulações vestibulares foram determinadas, e a precisão foi comparada estatisticamente usando o teste F de 1 cauda ( $P = 0,01$ ) e intervalos de confiança de 95% para a média. Foram selecionados dezesseis

pacientes parcialmente desdentados, necessitando de colocação de 31 implantes, foram incluídos no presente estudo. A diferença entre as variâncias para cirurgia total e parcialmente guiada nas as dimensões distal e de angulação foram estatisticamente significativas ( $P = 0,006$  e  $P < 0,001$ , respectivamente). Nenhuma diferença estatisticamente significativa foi encontrada entre os programas de software. Os implantes anteriores apresentaram menor variação de desvio que os implantes posteriores. Concluíram que a cirurgia de implante totalmente guiada é mais precisa que a cirurgia de implante parcialmente guiada. O desvio posicional do implante é influenciado pela localização do implante e não pelo software de planejamento.

Ma et al. (2018) realizaram um estudo clínico que o objetivo foi avaliar a precisão de implantes colocados usando um guia cirúrgico digital. Entre 17 pacientes, 28 implantes posteriores foram incluídos neste estudo. A imagem digital do tecido mole adquirida no escaneamento do modelo de gesso e do tecido duro através da TCFC foram sobrepostas e planejadas a localização, comprimento e diâmetro dos implantes. Em seguida, guias cirúrgicos digitais foram criados através de uma impressora 3D. Cada um dos desvios de ângulo, coronal, apical, desvios de profundidade dos implantes planejados e realmente colocados foram calculados através da tomografia final e do modelo em gesso final utilizando um scanbody sobre os implantes. Os resultados dos erros de posicionamento dos implantes através da tomografia foram os seguintes: desvio angular:  $4,74 \pm 2,06^\circ$ , desvio coronal:  $1,37 \pm 0,80$  mm e desvio apical:  $1,77 \pm 0,86$  mm. As médias das análises através do escaneamento do modelo em gesso foram: desvio angular:  $2,43 \pm 1,13^\circ$ , desvio coronal:  $0,82 \pm 0,44$  mm, desvio apical:  $1,19 \pm 0,46$  mm e desvio de profundidade:  $0,03 \pm 0,65$  mm. Houve diferenças estatisticamente significativas entre os desvios das tomografias e gesso. Concluiu que a análise do modelo mostrou menor valor de desvio comparando a análise de TCFC.

Bover-Ramos et al. (2018) realizaram uma revisão sistemática com a finalidade de analisar a precisão da colocação de implantes usando cirurgia guiada por computador e comparar o planejamento e o resultado do tratamento virtual em relação ao tipo de estudo (in vitro, clínico ou cadáver). Um outro objetivo foi comparar a precisão da cirurgia de implante guiada, comparando a

cirurgia guiada parcial com a da cirurgia totalmente guiada. Desvio horizontal do ponto de entrada, desvio horizontal apical, desvio angular e desvio vertical foram analisados. Foram revisados um total de 186 artigos, e 34 preencheram os critérios de inclusão. As informações sobre 3.033 implantes foram analisadas em 8 estudos in vitro (543 implantes), 4 estudos em cadáveres (246 implantes) e 22 estudos clínicos (2.244 implantes). Desvio apical horizontal e desvio angular significativamente menor foram observados em estudos in vitro em comparação com estudos clínicos e em cadáveres, mas não houve diferenças estatisticamente significativas no desvio do ponto de entrada, apical ou desvio vertical entre os grupos. Comparando a cirurgia parcialmente guiada, a cirurgia de implante totalmente guiada mostrou significativamente um menor desvio do ponto de entrada nos estudos em cadáveres, significativamente um menor desvio apical horizontal para estudos clínicos e significativamente menor no desvio angular para estudos clínicos e em cadáveres. Concluíram que a precisão da colocação do implante foi menor em estudos clínicos e em cadáveres em comparação com estudos in vitro, especialmente em termos de desvio apical horizontal e desvio angular. A cirurgia de implante totalmente guiada alcançou maior precisão do que a cirurgia parcialmente guiada.

Dikova et al. (2018) compararam a precisão dimensional e rugosidade superficial de próteses fixas de quatro elementos produzidas por diferentes impressoras 3D. As próteses parciais fixas de quatro elementos foram fabricadas por três sistemas de impressão que trabalham com base em projeção digital de luz (DLP), estereolitografia (SLA), SLA assistida por laser e modelagem por deposição fundida (FDM). Os materiais usados nas impressoras SLA são resinas de fotopolímero de metacrilato líquido, enquanto as impressoras FDM usam ácido polilático de plástico de fio fino. A precisão das dimensões externas das próteses dentárias foi avaliada e a rugosidade da superfície foi medida. Verificou-se que em comparação com o modelo de referência, as dimensões das pontes impressas SLA são maiores com 1,25% -6,21%, enquanto as dimensões correspondentes das amostras, feitas por FDM são menores em 1,07% -4,71%, independentemente da posição do objeto em relação ao substrato. As amostras, produzidas pela FDM, são caracterizadas com a maior rugosidade. Os valores de desvio de rugosidade médio (Ra) para DLP/SLA e SLA assistido por laser são

2,40  $\mu\text{m}$  e 2,97  $\mu\text{m}$ , respectivamente. Limitações / implicações da pesquisa: Para a produção de construções dentais poliméricas de alta qualidade, as próximas pesquisas devem ser direcionadas à investigação do grau de polimerização, tensões e deformações.

Mangano et al. (2018) realizaram um estudo clínico para observar os resultados das cirurgias de implantes guiadas em pacientes parcialmente desdentados. Os guias foram fabricados através da impressora tridimensional. Durante um período de dois anos (2016–2018), todos os pacientes parcialmente desdentados com um a três dentes ausentes (maxila e mandíbula), foram considerados para inclusão em este estudo clínico prospectivo ao todo foram 20 pacientes gerando 28 guias para a colocação de 38 implantes. Um scanner intraoral (CS 3600®, Carestream Dental) e TCFC (CS 9300®, Carestream Dental) foram usados para obter as informações tridimensionais dos pacientes. O software de cirurgia guiada (SMOP®, Swissmeda) foi usado para planejar cirurgias e assim confeccionados os guias cirúrgicos impressos na impressora 3D de mesa estereolitográfica (SLA) (XFAB2000®, DWS). As cirurgias foram realizadas e os pacientes foram acompanhados por um período de um ano. Foram avaliados a estabilidade dos guias cirúrgicos, duração (tempo) das cirurgias, complicações intra e pós-operatórias e estabilidade e sobrevivência do implante. Quanto aos guias, 24 apresentaram ajuste e estabilidade ideais, 3 obtiveram o ajuste ideal e estabilidade suficiente, e apenas 1 apresentou ajuste inadequado e estabilidade insatisfatória e, portanto, não foi adequado para uso clínico. O tempo médio de cirurgia foi de  $15,7 \pm 5,2$  min por guia. Nenhuma complicação intra-operatória foi relatada, mas um implante não foi estável na colocação e teve que ser removido. Todos os implantes estavam funcionando com sucesso em um ano. Os autores concluíram que a cirurgia guiada completa em consultório com guias cirúrgicos apoiados em dentes parece representar um procedimento cirúrgico clinicamente previsível para restaurar parcialmente desdentados. Mais estudos são necessários para confirmar esses resultados positivos.

Marlière et al. (2018) avaliaram através de uma revisão sistemática os estudos clínicos sobre a precisão entre o planejamento virtual da cirurgia guiada por computador e os resultados reais da colocação de implantes dentários em

cristas alveolares desdentadas totais. Os desenhos de estudo foram identificados usando os termos: Relatos de Caso, Estudo Clínico, Ensaio Controlado Randomizado, Revisões Sistemáticas, Meta-Análise, humanos. Eles descrevem o uso de guias muco-suportadas, demonstrando desvios angulares, cabeça do implante e apical variando de (médias mínimas e máximas), respectivamente, 1,85–8,4 (°), 0,17–2,17 (mm) e 0,77–2,86 (mm). Desvios angulares obtiveram maior imprecisão em maxila. Para desvios na cabeça do implante e apicais, a acurácia foi preponderantemente menor na maxila. Apesar das abordagens de medição de desvios semelhantes descritas, a relevância clínica deste estudo pode ser útil para alertar o cirurgião sobre as margens de segurança em situações clínicas.

Seo e Juodzbaly (2018) revisaram sistematicamente a acurácia da colocação do implante com guia cirúrgico estereolitográfico apoiado na mucosa, e descobrir quais fatores podem influenciar na precisão. Foi realizada uma busca eletrônica de literatura nas bases de dados MEDLINE (PubMed) e EMBASE. Foram analisados desvios entre o planejamento virtual e a colocação real do implante em relação à posição do ápice, do ponto de entrada e da angulação do implante. O resultado na presente revisão sistemática mostra que o desvio apical médio varia de 0,67 ( $\pm 0,34$ ) mm a 2,19 ( $\pm 0,83$ ) mm, o desvio do ponto de entrada médio varia de 0,6 ( $\pm 0,25$ ) mm a 1,68 ( $\pm 0,25$ ) mm e média do desvio angular é de 2,6° ( $\pm 1,61^\circ$ ) a 4,67° ( $\pm 2,68^\circ$ ). Concluíram que os cirurgiões devem estar cientes dos possíveis desvios lineares e angulares do sistema. A precisão pode ser influenciada pela densidade óssea, espessura da mucosa, técnicas cirúrgicas e tipo de mandíbula. Mais estudos devem ser realizados para descobrir quais casos são mais indicados para esta técnica cirúrgica.

Kiatkroekkrai et al. (2020) comparou a precisão da posição do implante quando colocado com guias criados digitalmente produzidos por digitalização intraoral e extraoral (modelo). Quarenta e sete pacientes receberam 60 implantes únicos por meio de guias criados digitalmente. Cada implante foi designado aleatoriamente para o grupo intraoral (n = 30) (Trios Scanner, 3Shape) ou grupo extraoral (n = 30), no qual guias cirúrgicas estereolitográficas foram fabricadas após impressão convencional e digitalização extraoral do modelo de gesso (D900L Lab Scanner, 3Shape). Os dados de TCFC e de

escaneamento foram importados para o software coDiagnostiX para planejamento da posição do implante virtual e design de guia cirúrgico. Imagens pós-operatórias de TCFC foram obtidas. Foi comparado o desvio entre as posições planejada e final. O desvio médio para os grupos de escaneamento intraoral vs. modelo foi  $2,42^\circ \pm 1,47^\circ$  vs.  $3,23^\circ \pm 2,09^\circ$  para o ângulo do implante,  $0,87 \pm 0,49$  mm vs.  $1,01 \pm 0,56$  mm para a plataforma do implante, e  $1,10 \pm 0,53$  mm vs.  $1,38 \pm 0,68$  mm para o ápice do implante; não houve diferença estatisticamente significativa entre os grupos ( $P > 0,05$ ). Guias criados digitalmente do tipo estereolitográficos fabricados por meio de escaneamentos intraoral ou extraoral parece resultar em igual precisão do posicionamento do implante.

Sigcho Lopez et al. (2019) realizaram uma revisão sobre os possíveis fatores de desvios dos guias cirúrgicos fabricados através das impressoras tridimensionais. Uma pesquisa eletrônica nas bases de dados EMBASE, na Biblioteca PubMed foi realizada para coletar informações sobre a colocação de implantes através da cirurgia guiada e analisar a sua precisão. Foram levados em consideração, tecido de suporte, uso de pino de fixação, mandíbula ou maxila, fabricação do guia e sistema usado para a cirurgia guiada. Dos 761 artigos identificados, foram revisados um total de 24 artigos, que incluíram 2767 implantes dentais. Os dados da análise dos estudos mostraram um desvio médio de 3,08 graus na posição angular, 1,14 graus no ponto de entrada e 1,46 graus na posição máxima. Os fatores de desvio envolvidos foram relacionados às fases de planejamento, laboratório e cirurgia.

Marei et al. (2019) escreveram um estudo onde o objetivo foi medir a influência da experiência do cirurgião na precisão da colocação do implante usando uma guia cirúrgica suportada por dentes por meio de um protocolo cirúrgico parcialmente guiado. Vinte pacientes parcialmente desdentados foram divididos aleatoriamente em grupos de cirurgiões experientes e novatos. A perfuração e colocação do implante para os dois grupos foram realizadas por meio de uma técnica cirúrgica sem retalho usando guias cirúrgicas seguindo um protocolo cirúrgico parcialmente guiado. A variável primária do estudo foi a experiência do cirurgião, enquanto a variável de resultado foi a precisão, que foi medida com base nas diferenças nas angulações dos implantes no pré e pós-

operatório. Um total de 40 implantes foram inseridos em 7 homens e 13 mulheres. Não houve diferença significativa ( $P = 0,453$ ) no desvio mesio-distal entre os grupos de especialistas e novatos. Na direção vestibulo-lingual, o grupo de especialistas realizou uma colocação de implante mais precisa ( $3,7 \pm 3,35$ ) em comparação com os cirurgiões novatos ( $8,5 \pm 6,3$ ). Concluiu que nível de experiência do cirurgião afeta a precisão da colocação do implante usando uma guia cirúrgica suportada por dentes; portanto, o uso de cirurgia guiada por computador por meio de um protocolo parcialmente guiado não compensa completamente o nível de experiência do operador.

Zhang et al. (2019) realizaram um estudo com o objetivo de avaliar as precisões de modelos dentais impressos tridimensionais (3D) usando diferentes impressoras de processamento digital de luz (DLP) e estereolitografia (SLA) em diferentes espessuras. Com base em modelos dentais digitais, digitalizados usando R700 (3Shape), os modelos dentais físicos foram impressos usando três tipos de impressoras DLP: EvoDent (UnionTec) com espessuras de camada de 50 $\mu$ m e 100 $\mu$ m; EncaDent (Encashape) com espessuras de camada de 20, 30, 50 e 100 $\mu$ m e Vida HD (Envisioned) com espessuras de camada de 50 e 100 $\mu$ m. Modelos com a impressora SLA Form 2 (Formlabs) foram impressos com espessuras de camada de 25, 50 e 100 $\mu$ m. Todos os 22 modelos impressos foram convertidos em modelos digitais usando um scanner de modelo D2000 (3 Shape) e comparados tridimensionalmente com os arquivos de origem usando o Geomagic Qualify 12.0 (3D Systems). A precisão de impressão de todas as impressoras foi superior a 50  $\mu$ m. Quando a espessura da camada foi definida em 100  $\mu$ m, a velocidade de impressão e a precisão de impressão da impressora DLP foram superiores às da impressora SLA. Em todos os grupos, o grupo EvoDent 50 $\mu$ m apresentou maior consistência com desvio absoluto médio de 0,0233mm na maxila e 0,0301mm na mandíbula. Enquanto a precisão do grupo de 100 $\mu$ m da Forma 2 foi a mais baixa com desvio médio absoluto de 0,0511 mm na maxila e 0,0570 mm na mandíbula. Concluíram que para as impressoras 3D estudadas, 50  $\mu$ m foi a espessura de camada ideal para a tecnologia DLP, e a precisão de impressão usando a tecnologia SLA aumentou com a diminuição da espessura da camada. A tecnologia DLP também apresentou maior precisão

de impressão em uma espessura de camada de 100  $\mu\text{m}$ . O EvoDent 50  $\mu\text{m}$  teve a maior precisão de impressão e o Form 2, 100  $\mu\text{m}$  a mais baixa.

Chai et al. (2020) avaliaram a precisão de um guia cirúrgico fabricado através de uma fresadora para a colocação de implantes em maxilares edêntulos. Pacientes desdentados que procuram tratamento com implantes foram recrutados neste estudo de coorte prospectivo. Foram realizados enceramentos das próteses a fim de ser executados o planejamento virtual. Os pacientes realizaram TCFC usando guias radiográficos radiopacos (guta percha). As posições dos implantes foram virtualmente projetadas no software de planejamento com base nos dados da TCFC, e os modelos radiográficos foram convertidos em guias cirúrgicos usando a técnica de fresagem. Quarenta e quatro implantes foram colocados em 12 mandíbulas edêntulas seguindo o protocolo de cirurgia de implante guiada. Tomadas de tomográficas computadorizadas pós-cirurgia foram feitas para cada arcada, e os desvios entre as posições planejadas e reais do implante foram medidos. O desvio da posição do implante foi comparado entre a maxila e a mandíbula, e entre os casos com e sem pinos de travamentos do guia usando o teste *t* independente. A média de idade dos pacientes foi de  $59,2 \pm 13,9$  anos. Todos os 44 implantes foram colocados sem complicações e sobreviveram, o desvio linear tridimensional médio da posição do implante entre o planejamento virtual e a colocação real foi de  $1,53 \pm 0,48$  mm na cabeça do implante e  $1,58 \pm 0,49$  mm no ápice. O desvio angular foi de  $3,96 \pm 3,05$  graus. Não foi encontrada diferença significativa no desvio da posição do implante entre maxila e mandíbula ( $P = 0,28$  no cabeça,  $0,08$  no ápice), nem entre os casos com e sem pinos de travamentos ( $P = 0,87$  no pescoço,  $0,06$  no ápice).

Concluíram que os guias fabricadas com a técnica de fresagem proporcionaram precisão comparável às fabricadas por estereolitografia. O deslocamento dos guias no arco edêntulo pode ser o principal fator contribuinte do desvio.

Lin et al. (2020) realizaram um estudo para investigar a precisão clínica da cirurgia de implante guiada com guias estáticos em um fluxo de trabalho com planejamento totalmente digital. Vinte e um pacientes parcialmente edêntulos

foram incluídos neste estudo prospectivo. TCFC (CBCT) e escaneamentos intraorais foram realizados e sobrepostos através de um software de planejamento. Os planejamentos com implantes virtuais foram então determinados e os guias cirúrgicos suportados por dentes foram fabricadas através de uma impressão 3D. Imagens de CBCT pré e pós-operatórias foram sobrepostas, e os desvios posicionais e angulares entre os implantes colocados e planejados foram medidos. Um total de 43 implantes totalmente guiados foram colocados. Não foram encontradas diferenças significativas para quaisquer desvios das variáveis examinadas. Dentro dos limites deste estudo, concluímos que a precisão clínica dos guias cirúrgicos estáticos planejados com um fluxo de trabalho totalmente digital foi fiel para pacientes parcialmente desdentados.

Liu et al. (2020) realizaram um estudo para observar a precisão de guias cirúrgicos do tipo fresado para a colocação de implantes. Foram confeccionados 6 guias cirúrgicos fresados após ter sido realizado o planejamento virtual usando imagens Dicom (imagem digital tomográfica) de TCFC e STL (escaneamento de bancada). Após o processo de fresagem, os guias cirúrgicos foram digitalizados em um scanner de bancada. Observaram que o desvio global médio do guia cirúrgico foi de  $0,16 \pm 0,06$  mm no centro do círculo da parte superior da anilha, e o desvio angular médio foi de  $0,61 \pm 0,40$  graus. A distância anilha-implante e o ângulo do eixo da anilha não mostraram influência significativa na precisão in vitro do guia cirúrgico do implante.

Marcel et al. (2020) realizaram um estudo onde o objetivo foi investigar a precisão das placas oclusais fabricadas por meio do CAD / CAM em relação ao método de fabricação (fresagem vs impressão 3D), posicionamento (horizontal vs vertical), seleção de material e método de medição do desvio.

As placas oclusais foram impressas tridimensionalmente na posição horizontal ou vertical ( $n = 10$ ) usando quatro resinas diferentes (Dental LT, Ortho Clear, Freeprint Splint, V-Splint). Como controle, dez placas foram confeccionadas por fresamento (ProArt CAD Splint). As placas foram digitalizadas e os desvios entre o arquivo CAD (exatidão) e entre si dentro de um grupo (precisão) foram medidos por dois aplicativos de software e métodos diferentes (nuvem para nuvem vs nuvem para malha). Os dados foram

analisados, e o maior impacto na precisão foi exercido pela seleção do material (veracidade:  $\eta P2 = 0,871$ ,  $P < 0,001$ ; precisão:  $\eta P2 = 0,715$ ,  $P < 0,001$ ). Placas fresadas mostraram a maior exatidão ( $P < 0,01$ ), mas não a maior precisão ao mesmo tempo. Placas de mordida impressas em 3D posicionadas horizontalmente mostraram os menores desvios em termos de exatidão, enquanto o posicionamento vertical resultou na maior precisão. Concluíram que placas fresadas apresentam maior exatidão do que as impressas em 3D, enquanto as últimas revelam maior reprodutibilidade. Os desvios calculados variam de acordo com o método de medição utilizado.

Unsal et al. (2020) realizaram um estudo com o objetivo de revisar a literatura disponível associada à cirurgia de implante usando guias cirúrgicos confeccionados por computador (CAD / CAM) e discutir as vantagens e desvantagens desta técnica avançada. Apenas estudos clínicos foram incluídos. Os critérios de inclusão foram: estudos com 10 implantes ou mais e estudos que apresentassem desvios angulares em graus e desvios lineares em milímetros. Problemas comuns que podem ser encontrados pelos profissionais foram listados e recomendações foram feitas sobre como evitar esses problemas. Foi sugerido que, embora expectativas irreais sejam frequentemente associadas à colocação de implantes com guias cirúrgicos CAD / CAM, não há precisão clínica perfeita. Esta revisão demonstrou que os profissionais devem estar cientes dos desvios angulares e lineares de até 5 graus e 2,3mm. Portanto, dentistas inexperientes devem obter treinamento adequado e estar familiarizados com as etapas básicas com guias cirúrgicos para evitar complicações.

Choi et al. (2019) avaliaram a precisão de modelos dentários fabricados pelos métodos convencional, pela técnica da fresagem e impressão tridimensional (3D). Foi elaborado um modelo de referência com um preparo para uma coroa parcial fixa inlay, um preparo para coroa total fixa unitária e coroa total fixa de 3 elementos. Os modelos convencionais de gesso foram fabricados a partir do método convencional. As impressões digitais foram obtidas por scanner intraoral, que foram convertidos em modelos físicos, fresados através de uma fresadora, impressos através de uma impressora 3D do tipo SLA e impresso através de uma impressora 3D do tipo DLP. Os modelos foram escaneados por um escâner de referência. Todos os dados STL foram

sobrepostos por software de análise 3D e a análise quantitativa e qualitativa foi realizada usando valores de raiz quadrada média (RMS) e mapa de diferença de cores. Para arco completo, o valor de RMS de veracidade e precisão em modelos de gesso foi significativamente menor do que nos outros grupos ( $p < 0,05 / 6 = 0,008$ ), e não houve diferença significativa entre as impressões 3D ( $p > 0,05 / 6 = 0,008$ ). Por outro lado, o valor RMS de veracidade em modelos de gesso foi significativamente menor do que nos outros grupos para todos os dentes preparados ( $p < 0,05 / 6 = 0,008$ ), e não houve diferença significativa entre modelo fresado e impresso ( $p > 0,05 / 6 = 0,008$ ). Em conclusão, os modelos convencionais de gesso apresentaram melhor acurácia do que os modelos fresados digitalmente e impressos em 3D.

Herpel et al. (2021) buscaram comparar a precisão de próteses totais realizadas através da técnica de impressão 3D e pela técnica da fresagem. Foi realizada a confecção virtual de uma prótese total superior através de um software de planejamento. Após a realização deste planejamento virtual das próteses tido como referência, foram impressas (grupo 1) oito próteses totais em diferentes marcas de impressoras (Objet260 Connex, Stratasys; MAX, Asiga; Anycubic Photon, Anycubic 3D; PRO2, Asiga e cara Print 4.0, Kulzer) No grupo 2, oito próteses totais foram fresadas para servir como referência (PrograMill PM7, Ivoclar Vivadent). As próteses totais foram digitalizadas e alinhadas ao arquivo de referência usando teste *t*. A precisão geométrica foi analisada usando o valor da raiz quadrada média (exatidão) e o desvio padrão (precisão) dos desvios da malha absoluta distribuída. Os valores médios das próteses impressas e das próteses fresadas foram comparados. Foi observado que as próteses fresadas apresentaram exatidão média de  $65 \pm 6 \mu\text{m}$  e precisão média de  $48 \pm 5 \mu\text{m}$ . Portanto, eles eram significativamente mais precisos do que as próteses impressas em 3D em quatro impressoras 3D. Em números absolutos médios, a impressão 3D era menos fiel do que a fresagem em  $17\text{--}89 \mu\text{m}$  e menos precisa em  $8\text{--}66 \mu\text{m}$ . Embora a fresagem continue sendo a técnica de referência em precisão, as diferenças entre as próteses fresadas e as impressas não foram significativas. Além disso, o desempenho geral da impressão 3D em todas as marcas ficou dentro de uma faixa clinicamente aceitável para próteses experimentais. A precisão da impressão 3D varia amplamente entre e dentro dos

laboratórios, por conta de protocolos de configuração e marca de resinas, mas mesmo assim está dentro da faixa de precisão dos métodos convencionais de fabricação.

Mukai et al. (2021) realizaram um estudo que teve como objetivo avaliar a reprodutibilidade e a precisão de dois tipos de guias cirúrgicos obtidos pelos métodos de impressão 3D e fresagem. Foi desenvolvido um modelo virtual que permitiu o desenho virtual de guias cirúrgicas fresadas ( $n = 10$ ) ou impressas em 3D ( $n = 10$ ). As guias cirúrgicas foram orientadas digitalmente e sobrepostas no modelo virtual. Para as guias de fresadas, o sistema Sirona Dentsply foi usado, enquanto as guias de impressão 3D foram produzidas usando a impressora 3D Perfactory P4K Life Series da EnvisionTEC e o E -Guide Tint. Para avaliar a precisão e veracidade de cada grupo foram escaneados os guias e sobrepostos em um software. As comparações entre os grupos não mostraram diferenças estatisticamente significativas para veracidade ( $p = 0,529$ ) ou precisão ( $p = 0,3021$ ). No entanto, foi observada diferença significativa no desvio padrão das incompatibilidades em relação à precisão do modelo mestre ( $p < 0,0001$ ). Chegaram a conclusão de que dentro dos limites deste estudo, as guias cirúrgicas confeccionadas por fresagem ou processos impressos obtiveram resultados semelhantes.

Yogui et al. (2021) realizaram uma revisão sistemática e meta análise para compara a cirurgia guiada por computador e pela mão livre em termos de perda óssea marginal, complicações e sobrevivência do implante. Esses estudos envolveram um total de 154 pacientes com 597 implantes dentários e um período médio de acompanhamento de 2,25 anos. Não houve diferença entre a cirurgia guiada por computador e a cirurgia à mão livre em termos de perda óssea marginal (diferença média 0,11 mm, intervalo de confiança de 95% (CI) 0,27 a 0,04 mm;  $P = 0,16$ ), complicações cirúrgicas (razão de risco (RR) 0,85, IC 95% 0,36–2,04;  $P = 0,72$ ), complicações biológicas (RR 1,56, IC 95% 0,42–5,74;  $P = 0,51$ ) e taxa de sobrevivência do implante (RR 0,53, IC 95% 0,11–2,43;  $P = 0,41$ ) ) Esta meta-análise demonstrou que as cirurgias guiadas por computador e à mão livre produziram resultados semelhantes para perda óssea marginal, complicações cirúrgicas, biológicas e taxa de sobrevivência do implante.



### **3 PROPOSIÇÃO**

Avaliar a acurácia das cirurgias de implantes dentários guiadas por computador de implantes dentários em manequins tomografáveis pré-fabricados usando dois tipos de guias cirúrgicos a partir de um mesmo planejamento virtual.



## 4 MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizados 10 manequins pré-fabricados(BoneModels, Castellon, Espanha), para a colocação de 20 implantes do tipo cone(Sin, São Paulo, Brasil) morse, através de dois tipos de guias cirúrgicos.

### 4.1 Amostra

A amostra foi constituída por 20 implantes do tipo cone morse de 3,5mm de diâmetro por 10 mm de altura do tipo Unitite (Sin, São Paulo, Brasil), instalados em um total de 10 manequins tomografáveis (Figura 4.1) (BoneModels, Castellon, Espanha). Neste manequim haviam as regiões desdentadas dos elementos 25 e 26 para serem realizados os implantes.

Os implantes foram instalados por meio da técnica guiada por planejamento virtual, utilizando dois tipos de guias cirúrgicos.

Figura 4.1 – Manequim pré-fabricado tomografável com espaços protéticos (BoneModels, Castellon, Espanha)



Fonte: O autor.

## **4.2 Tomografia computadorizada inicial para planejamento**

Previamente ao planejamento virtual, os manequins foram submetidos à tomografias computadorizadas de feixe cônico (TCFC) por meio do equipamento X800 (Morita, Kyoto, Japão) utilizando FOV de 8cm de diâmetro x 5 cm de altura e com voxel de 0,125mm. As imagens adquiridas foram exportadas em extensão Dicom e posteriormente utilizadas para a realização do planejamento virtual dos implantes e comparação com o resultado cirúrgico.

## **4.3 Escaneamento dos manequins**

Foi realizado o escaneamento 3D dos manequins com o escâner intraoral TRIOS color (3Shape, Copenhagen, Denmark), onde estas imagens adquiridas (STL) foram unidas em sobreposição as imagens provenientes da TCFC para o planejamento digital dos implantes.

## **4.4 Planejamento dos guias cirúrgicos**

Para o planejamento foi utilizado o software de planejamento Nemo (Nemotec, Madri, Espanha). Foi realizado um planejamento, utilizando imagens Dicom obtidos pela tomográfica computadorizada sobrepostas às imagens STL, obtidas através do escaneamento 3D (Figura 4.2A e Figura 4.2B).

Foram confeccionados 2 tipos de guias cirúrgicos através do planejamento proposto projetados pelo software Nemo. Um guia cirúrgico foi confeccionado pela técnica da impressão tridimensional (estereolitografia) através da impressora 3D SprintRay (modelo S100, Los Angeles, EUA) usando a resina COSMOS (Yllor, RS, Brasil) para a realização do implante na região 25 (Figura 4.3); o outro guia cirúrgico foi pela técnica da fresagem em resina acrílica

PMMA da marca EVOLUX PMMA (Neuler, Alemanha), confeccionado através de uma fresadora InLab MCXL (Sirona, Nova Iorque, EUA) para a realização do implante na região 26 (Figura 4.4). Estes guias cirúrgicos foram apoiados em tecidos duros (dentes) no momento da cirurgia, a fim de não haver movimentação do guia no decorrer do procedimento.

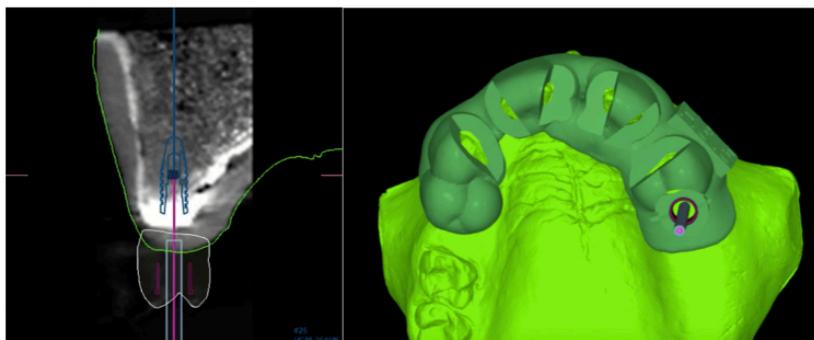
Os grupos foram divididos de acordo com o tipo de guia e técnica para obtenção do guia da seguinte forma (Tabela 4.1):

Tabela 4.1 – Tabela referente aos grupos

	N	Tipo de guia	Técnica para obtenção do guia
Grupo 1	10	Estereolitográfica (3D printer)	Tomografia + escaneamento
Grupo 2	10	Fresado	Tomografia + escaneamento

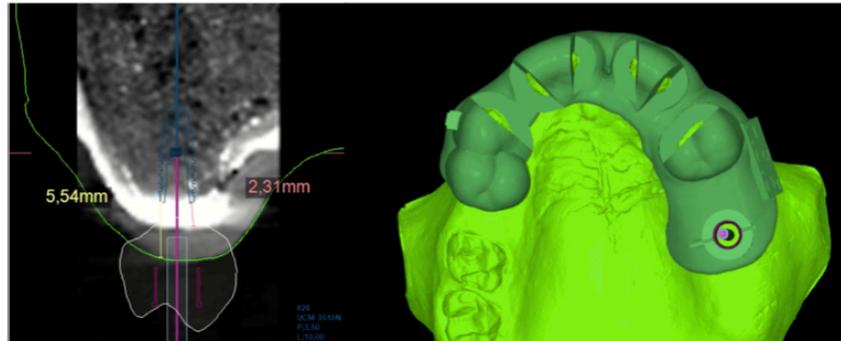
Fonte: O autor.

Figura 4.2 – A - Planejamento, utilizando imagens Dicom obtidos pela tomográfica computadorizada sobrepostas as imagens STL, obtidas através do escaneamento 3D para a confecção do guia impresso tridimensionalmente para a região 25. B - Planejamento digital do guia cirúrgico região 25



Fonte: O autor.

Figura 4.3 – A - Planejamento, utilizando imagens Dicom obtidos pela tomográfica computadorizada sobrepostas as imagens STL, obtidas através do escaneamento 3D para a confecção do guia fresado para a região 26. B – Planejamento digital do guia cirúrgico região 25



Fonte: O autor.

Figura 4.4 – Guia cirúrgico confeccionado pela técnica da impressão tridimensional (estereolitografia) através da impressora 3D SprintRay (modelo S100, Los Angeles, EUA) sobreposto ao manequim para a realização do implante na região 25



Fonte: O autor.

## 4.5 Cirurgia de implantes

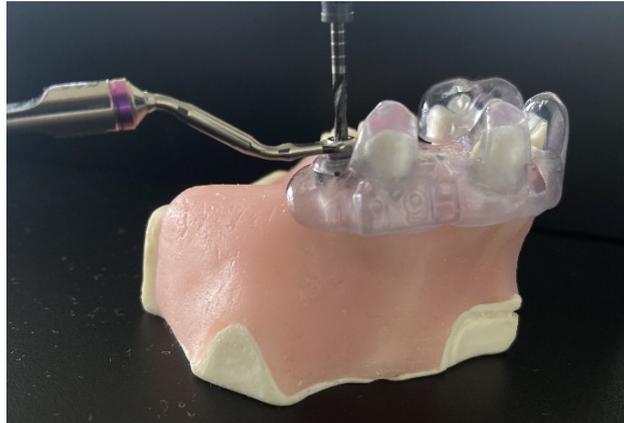
Foram utilizados implantes do tipo cone morse, 3,5 mm de diâmetro e 10 mm de altura, do tipo UNITITE (Sin, São Paulo, Brasil), utilizando o kit para cirurgia guiada da própria marca (Figura 4.5) para a colocação dos implantes correspondentes, o motor utilizado foi o DrillerSmart (Driller, São Paulo, Brasil) com 1000 rpm de velocidade e o contra ângulo Anthogyr Impulsion 20:1 (Anthogyr, Sallanches, França). No mesmo manequim foi realizada a cirurgia na região do dente 25 utilizando o guia impresso e na região do dente 26 utilizando o guia fresado, isso se repetindo pelos dez manequins (Figuras 4.6 e 4.7).

Figura 4.5 – Kit para cirurgia guiada GuidedSurgery (Sin, São Paulo, Brasil)



Fonte: O autor.

Figura 4.6 – Realização da cirurgia guiada utilizando o guia cirúrgico no manequim pré-fabricado



Fonte: O autor.

Figura 4.7 – Manequim pré-fabricado com implantes colocados nas regiões 25 e 26 através dos guias cirúrgicos impresso tridimensionalmente e fresado respectivamente



Fonte: O autor.

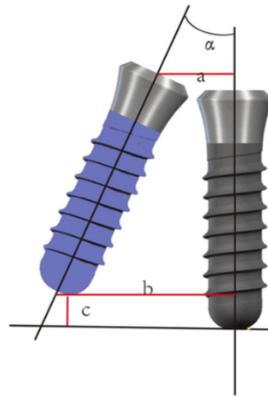
#### **4.6 Tomografia computadorizada pós-cirúrgico**

Após o término das cirurgias, foi realizada uma tomografia computadorizada de feixe cônico final por meio do equipamento Icat Classic (Kavo, Biberach, Alemanha), utilizando FOV de 6 cm de diâmetro x 16 cm de altura e voxel de 0,125 mm, o mesmo tamanho do voxel da aquisição inicial, com a finalidade de verificar a posição final destes implantes e, assim, onde foi comparado com o planejamento inicial (Cassetta et al., 2014).

#### **4.7 Análise comparativa entre planejamento e implantes instalados**

Através do software Nemo (Nemotec, Madri, Espanha) foram sobrepostas as imagens do planejamento inicial dos implantes com as imagens tomográficas pós-cirúrgica afim de comparar a localização dos implantes. Para realizar esta comparação e medir a precisão e veracidade (fidelidade) da posição dos implantes em relação ao planejamento, foi utilizado um protocolo de medidas (Figura 4.8):  $\alpha$ = desvio angular (representa o desvio angular do eixo do implante colocado em relação ao eixo do implante planejado); a= desvio no ponto de entrada(é a distância entre o implante planejado e colocado no pescoço do implante); b/c=desvio no ápice(é o desvio em profundidade do implante colocado em relação à profundidade do implante planejado) (Abboud et al., 2012; Ramasamy et al., 2013).

Figura 4.8 – Ilustração das medidas a serem avaliadas dos implantes



$\alpha$  = desvio angular  
**a** = desvio no ponto de entrada  
**b/c** = desvio no ápice

Fonte: O autor.

#### 4.8 Análise estatística

Após a obtenção dos dados, os mesmos foram analisados por meio do teste paramétrico Shapiro-Wilk para distribuições dentro do padrão de normalidade.

Como não houve normalidade, foi aplicado o teste não paramétrico de Wilcoxon para os dados comparados, e foi aplicado também teste de correlação de Pearson para observar correlação entre os desvios angulares e lineares.

Todas as medidas foram realizadas por dois observadores independentes, treinados e calibrados para a metodologia proposta. O coeficiente de correlação intraclassa foi empregado no intuito de avaliar a reprodutibilidade dos métodos, tanto para concordância intra como interobservadores.

Através dos dados obtidos, em relação ao desvio do ponto de entrada dos implantes, o desvio angular e o desvio no ápice do implante, foi avaliada a acurácia da cirurgia guiada com ambos os guias.

## 5 RESULTADOS

As mensurações através do software apresentaram os seguintes valores de distorções (Tabelas 5.1 e 5.2):

Tabela 5.1 – Tabela com as diferenças angulares (em graus) e lineares (em mm) dos dez modelos operados com o guia do tipo impresso (grupo1) tridimensionalmente na região do elemento 25

Guia Impresso (Grupo 1)	Diferença angular (graus)	Diferença linear do ápice (mm)
<b>Modelo 1</b>	3,31	0,61
<b>Modelo 2</b>	3,72	0,53
<b>Modelo 3</b>	4,79	1,02
<b>Modelo 4</b>	6,33	1,15
<b>Modelo 5</b>	3,85	0,58
<b>Modelo 6</b>	3,43	0,73
<b>Modelo 7</b>	1,32	0,64
<b>Modelo 8</b>	8,75	1,74
<b>Modelo 9</b>	10,05	1,82
<b>Modelo 10</b>	6,18	1,24

Fonte: O autor.

Tabela 5.2 – Tabela com as diferenças angulares (em graus) e lineares (em mm) dos dez modelos operados com o guia do tipo fresada (grupo2) através de uma fresadora na região do elemento 26

Guia fresado (Grupo 2)	Diferença angular (graus)	Diferença linear do ápice (mm)
<b>Modelo 1</b>	5,06	0,92
<b>Modelo 2</b>	3,06	0,43
<b>Modelo 3</b>	6,64	1,17
<b>Modelo 4</b>	6,08	1,1
<b>Modelo 5</b>	5,24	0,26
<b>Modelo 6</b>	6,28	1,35
<b>Modelo 7</b>	4,8	0,94
<b>Modelo 8</b>	6,33	1,65
<b>Modelo 9</b>	6,64	2,47
<b>Modelo 10</b>	6,24	2,43

Fonte: O autor.

Estatística descritiva: foi realizado o teste de normalidade Shapiro-Wilk onde as duas variáveis não apresentam aderência à curva de normalidade ( $p=0.001$  para as duas).

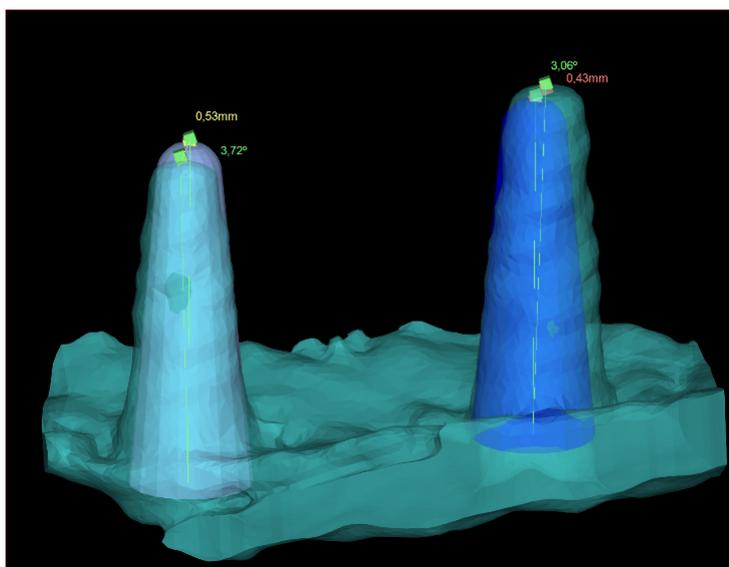
Como não houve aderência à curva de normalidade, escolhemos o teste não paramétricos de Wilcoxon, para comparar os desvios angulares e os desvios lineares no ápice dos implantes, entre guias fresados e guias impressos.

Para os desvios angulares medianos, foi observada uma diferença significativa entre os grupos ( $p=0,033$ ), com valores medianos de  $3,78^\circ$  (min-max: 1,32-8,75) para o guia impresso e  $5,66^\circ$  (3,06-6,64) para o guia fresado (Figuras 5.1 e 5.2).

O mesmo teste foi utilizado para comparação linear do ápice, onde o resultado não demonstrou diferença significativa entre os grupos ( $p=0.423$ ), com valores medianos de 0,73 (min-max: 0,53-1,82) para o guia impresso e 1,10 (0,26-2,47) para guia fresado (Figuras 5.1 e 5.2).

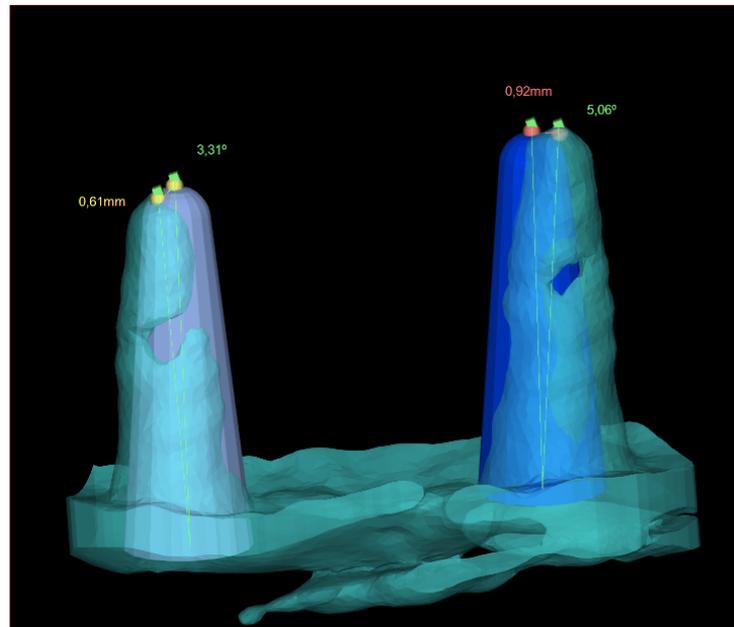
Para observar correlação entre desvios angulares e lineares foi utilizado o teste de correlação de Pearson onde observou não haver correlação significativa entre as duas medidas ( $p>0,05$ ).

Figura 5.1 – Imagem correspondente a sobreposição das imagens usando o software de planejamento Nemo (Nemotec, Madri, Espanha) dos implantes com a imagem da posição final dos implantes das regiões 25 e 26 respectivamente



Fonte: O autor.

Figura 5.2 – Imagem correspondente a sobreposição das imagens usando o software de planejamento Nemo (Nemotec, Madri, Espanha) dos implantes com a imagem da posição final dos implantes das regiões 25 e 26 respectivamente



Fonte: O autor.

## 6 DISCUSSÃO

Embora se presuma que a cirurgia guiada melhora a acurácia e a precisão em comparação com as técnicas à mão livre (Arisan et al., 2010a; Cassetta et al., 2013; Pozzi et al., 2016), ainda ocorrem desvios da posição do implante da posição planejada. Diferentes fatores têm sido descritos que podem explicar essas discrepâncias, como o ajuste e a estabilidade da guia cirúrgica, tipos de guia cirúrgica, experiência do cirurgião e os protocolos de mensuração das posições dos implantes (Arisan et al., 2010b; Behneke et al., 2012; Cassetta et al., 2014; Bindl, 2015; Verhamme et al., 2017; Zhou et al., 2018; Marei et al., 2019).

Os resultados deste estudo mostraram que não houve diferenças significativas na precisão da posição do implante em relação ao desvio linear mediano com guias cirúrgicas fabricadas através da técnica da impressão 3D versus a técnica da fresagem, porém foi observado que há diferenças significativas em relação ao desvio angular mediano, onde os guias pela técnica da fresagem tiveram maiores desvios. Para os desvios da posição da plataforma do implante, não foi possível realizar as mensurações com precisão, pois as densidades do manequim e do implante estavam muito próximas para diferenciação adequada e realização das medidas (Figura 6.1).

Figura 6.1 – Imagem correspondente a densidade do manequim e do implante colocado, impossibilitando a realização de uma mensuração com precisão



Fonte: O autor.

Para o desvio linear, os resultados se encontram dentro da faixa daqueles descritos na literatura atual que mostram médias de desvio de  $0,17 \pm 0,85$  mm em estudos in vitro (Bover-Ramos et al., 2018).

Park et al. (2014) observaram que os guias cirúrgicos fresadas apresentavam menores desvios do que os guias de impressão 3D ( $p < 0,05$ ). Além disso, outros autores relataram maior precisão para guias fresados em relação à posição final do implante (Farley et al., 2013; Bindl, 2015; Homsy et al., 2018; Marlière et al., 2018). Porém, clinicamente, esse erro não parece influenciar o resultado final da reabilitação. No atual estudo os guias fresados mostraram um desvio significativo maior em relação ao desvio angular mediano, um dos fatores que podem ter contribuído há esse resultado é a posição deste implante no guia cirúrgico (região 26), pois estavam localizados em uma extremidade livre mais extensa que o implante colocado com o guia impresso

(região 25, assim podendo ocorrer uma maior movimentação, já que não foram utilizados parafusos de fixação do guia no manequim. Foi observado que para extremidade livre mais extensas (região de dois dentes) foi possível utilizar o guia fresado sem utilizar parafusos de fixação e os desvios no resultado estarem clinicamente aceitáveis, como para extremidades livres menos extensas (região de um dente) o guia impresso obteve resultados aceitáveis clinicamente também.

Devido à falta de fixação, o guia frequentemente se afastava do osso alveolar espontaneamente durante a perfuração. Além disso, o ajuste da profundidade da broca exigia verificações frequentes durante a osteotomia.

Em um estudo de meta-análise, Raico Gallardo et al. (2017) concluíram que a precisão era melhor para guias sustentados por dentes do que guias suportados por osso e mucosa. Resultados semelhantes aparecem na literatura (Arisan et al., 2010a; Van Assche et al., 2012; Tahmaseb et al., 2014; Geng et al., 2015; Pozzi et al., 2016).

Outros estudos já relatam que a precisão de guias cirúrgicos muco-suportados, são significativamente maiores quando há a utilização de parafusos de fixação dos guias no osso, assim evitando movimentações do guia no ato cirúrgico em relação aos guias muco-suportados sem parafusos de fixação (Arisan et al., 2010a,b; Cassetta et al., 2013; Verhamme et al., 2015a; Verhamme et al., 2015b; Verhamme et al., 2017; Zhou et al., 2018; Lin et al., 2020).

A literatura também mostra que a impressão 3D de guias cirúrgicos pode estar associada a complicações cirúrgicas causadas por problemas durante sua produção. Esses problemas incluem a falta de calibração do equipamento de impressão, alterações nas propriedades físicas da resina, dificuldade de posicionamento ou fixação do guia na cavidade oral ou limitações na abertura da boca (Cassetta et al., 2013; Lee et al., 2013).

Van Assche et al. (2012) observaram que para evitar a deformação das guias de impressão 3D, é fundamental que a guia tenha espessura total de 2,5 a 3,0 mm. Essa deformidade não é observada nas guias fresadas, pois os blocos de resina estão prontos para serem usinados sem alterar sua estrutura.

Além disso, erros de transformação podem ocorrer ao transmitir dados digitais para o software CAD (Soares et al., 2012), e imprecisões podem ocorrer, dependendo da reprodutibilidade dos detalhes do objeto 3D em métodos de fresamento e impressão 3D (Soares et al., 2012).

As posições planejadas e real dos implantes apresentaram um pequeno grau de desvio que pode ser esperado de uma abordagem cirúrgica totalmente guiada (Ozan et al., 2009; Abboud et al., 2012; Soares et al., 2012).

Outro cuidado que devemos ter ao comparar guias confeccionados através de uma impressora 3D é o cuidado pós impressão, as impressões não precisam apenas de um processo de limpeza, mas também de um processo de pós-cura para aumentar as propriedades mecânicas do modelo impresso (Souza et al., 2014). O material fotopolímero menos curado pode permanecer na superfície do modelo impresso devido ao descuido do operador durante o processo de limpeza, o encolhimento ou empenamento podem ocorrer devido a processos adicionais de polimerização (Souza et al., 2014).

Em relação a fresagem, há um cuidado no processo de fabricação dos guias, pois a superfície usinada diminui com o tempo devido ao desgaste das ferramentas, e a reprodutibilidade de detalhes da estrutura pode ser limitada pela forma e tamanho da broca de fresamento (Schmitz et al. 2008). Fatores como erro térmico na ferramenta de corte, erro de vibração na máquina e erro de deflexão da ferramenta também podem afetar a estabilidade dimensional (Souza et al., 2014). O ângulo ou direção de corte pode ser limitado pela forma da prótese, a direção do eixo dos dentes de apoio e a espessura do bloco (Souza et al., 2014).

Bell et al. (2018) avaliaram dois materiais de guia cirúrgico diferentes em relação ao desvio angular do implante inserido usando guias cirúrgicos termoplásticos e impressos em 3D. Os autores não demonstraram diferença clínica entre os grupos, embora os implantes colocados com o guia cirúrgico termoplástica tenham sido menos precisos no posicionamento do ápice.

Os resultados dos outros estudos comparando a posição final do implante obtido com os dois guias são questionáveis porque vários fatores podem influenciar a precisão da cirurgia guiada, como erros de digitalização, erros na produção dos guias, erros mecânicos, transmissão de dados, erros de inatos de visão e erro humano (Ozan et al., 2009; Abboud et al., 2012; Soares et al., 2012; Farley et al., 2013; Raico Gallardo et al., 2017; Marlière et al., 2018). Esses fatores são cumulativos e interativos e podem ocorrer a qualquer momento durante o processo.

Apesar da precisão encontrada nos resultados deste estudo, a literatura sugere que erros podem ocorrer durante a fabricação de qualquer tipo de guia cirúrgica. Assim, recomenda-se que seja mantida uma margem de segurança de 2 mm ao redor de estruturas importantes e vitais (Patzelt et al., 2014; Geng et al., 2015) e que imagens de tomografia computadorizada de feixe cônico sejam utilizadas para obter uma avaliação correta das estruturas anatômicas essenciais (Van Assche et al., 2012; Lee et al., 2013; Choi et al., 2019).

A precisão da porção apical do implante dentário é fundamental para evitar a invasão e danos de estruturas anatômicas vitais. A terceira conferência de consenso da European Academy of Osseointegration (EAO) em 2012 recomendou um mínimo de 0,5 mm como uma distância de segurança vertical, no entanto, alguns autores (Soares et al., 2012; Bencharit et al., 2018; Bover-Ramos et al., 2018), sugeriram que a distância de segurança na direção vertical deveria ser pelo menos 1 mm.

Guias cirúrgicos CAD / CAM ainda fornecem melhores resultados com menos desvio em comparação com o uso de guias cirúrgicos fabricados por técnicas convencionais (guia cirúrgico termoplástico) (Bell et al., 2018) ou técnica livre (Behneke et al., 2012; Souza et al., 2014).

Clinicamente, o objetivo de guias cirúrgicos precisos é evitar danos às estruturas nobres e oferecer um plano de tratamento ideal que atenda aos objetivos estéticos e funcionais do paciente (Bindl, 2015), com menor duração da cirurgia e menos complicações durante a cirurgia. Embora os resultados deste estudo não tenham mostrado diferenças na reprodutibilidade e precisão para os diferentes métodos de geração de guias cirúrgicos, estudos futuros são

necessários para avaliar as implicações que tais diferenças podem ter no posicionamento cirúrgico. Também é necessário avaliar a relação custo / benefício dos dois tipos de guias para o paciente e para o cirurgião-dentista.

Alguns autores (Pozzi et al., 2016; Yogui et al., 2021) relataram que a técnica à mão livre não afeta a precisão de uma única colocação de implante dentário por cirurgiões experientes, mas guias cirúrgicos CAD / CAM podem ser usados em procedimentos sem retalho com mais previsível, menos demorado e menos dor pós-operatória. Guias cirúrgicos CAD / CAM também podem ajudar o cirurgião inexperiente a colocar um implante com alta precisão ao navegar próximo a estruturas vitais (Verhamme et al., 2015b).

A experiência do cirurgião pode estar relacionada com a precisão da posição do implante, com cirurgiões experientes apresentando menor desvio (Marei et al., 2019). Além disso, alguns dos desvios que ocorreram podem ser devido à falta de estabilidade da guia cirúrgica durante a colocação do implante, devido à necessidade de bloquear cortes inferiores para assentos completos.

Como este estudo foi realizado in vitro, uma possível explicação pode ser que os desvios podem ser influenciados pela estabilidade da mão que segura o guia cirúrgico e o manequim durante a cirurgia pela instabilidade da extremidade livre sem dentes de suporte. Pode ser um desafio segurar o guia cirúrgico e o manequim ao mesmo tempo durante o ato cirúrgico simulado e isso pode resultar em variabilidade. Além disso, o manequim é fabricado a partir de um material de resina que tem alta precisão (Scherer, 2017; Yogui et al., 2021) no entanto, que não duplica a dureza do osso e tem densidade maior, sendo mais dura.

Além disso, este estudo utilizou apenas um software e o mesmo arquivo STL foi utilizado para projetar os guias cirúrgicos. Mais estudos são necessários para avaliar a precisão das guias cirúrgicas fabricadas com diferentes tipos de software, projetando guias em diferentes impressoras 3D e fresadoras.

## **7 CONCLUSÃO**

Houve diferenças significativas na acurácia da posição do implante apenas em relação ao desvio angular mediano, sendo que para os guias fresados os resultados foram maiores.

Dentro das limitações do estudo os guias fresados utilizados em extremidade livre de dois dentes mostraram resultados semelhantes a extremidade menor (um dente), possibilitando a sua utilização dentro dos parâmetros clínicos aceitáveis e indicando futuros estudos de análises de tamanhos de extensão de extremidades.



## REFERÊNCIAS<sup>1</sup>

Abboud M, Wahl G, Guirado JL, Orentlicher G. Application and success of two stereolithographic surgical guide systems for implant placement with immediate loading. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 2012 May-Jun;27(3):634-43.

Arisan V, Karabuda CZ, Ozdemir T. Accuracy of two stereolithographic guide systems for computer aided implant placement: a computed tomography based clinical comparative study. *J Periodontol*. 2010a Jan;81(1):43-51. doi: 10.1902/jop.2009.090348.

Arisan V, Karabuda CZ, Ozdemir T. Implant surgery using bone- and mucos supported stereolithographic guides in totally edentulous jaws: surgical and post-operative outcomes of computer-aided vs. standard techniques. *Clin Oral Implants Res*. 2010b Sep;21(9):980-8. doi: 10.1111/j.1600-0501.2010.01957.x.

Behneke A, Burwinkel M, Behneke N. Factors influencing transfer accuracy of cone beam CT-derived template-based implant placement. *Clin Oral Implants Res*. 2012 Apr;23(4):416-23. doi: 10.1111/j.1600-0501.2011.02337.x.

Bell CK, Sahl EF, Kim YJ, Rice DD. Accuracy of implants placed with surgical guides: thermoplastic versus 3D printed. *Int J Periodontics Restorative Dent*. 2018 Jan/Feb;38(1):113-9. doi: 10.11607/prd.3254.

Bencharit S, Staffen A, Yeung M, Whitley D, Laskin DM, Deeb GR. In vivo tooth-supported implant surgical guides fabricated with desktop stereolithographic printers: fully guided surgery is more accurate than partially guided surgery. *J Oral Maxillofac Surg*. 2018 Jul;76(7):1431-9. doi: 10.1016/j.joms.2018.02.010.

Bindl A. Clinical application of fully digital Cerec surgical guides made in-house. *Int J Comput Dent*. 2015;18(2):163-75.

Bou Serhal C, Jacobs R, Flygare L, Quirynen M, van Steenberghe D. Perioperative validation of localisation of the mental foramen. *Dentomaxillofac Radiol*. 2002a Jan;31(1):39-43. doi: 10.1038/sj/dmfr/4600662.

---

<sup>1</sup> De acordo com Estilo Vancouver.

Bou Serhal C, Jacobs R, Quirynen M, Steenberghe D. Imaging technique selection for the preoperative planning of oral implants: a review of the literature. *Clin Implant Dent Relat Res*. 2002b;4(3):156-72. doi: 10.1111/j.1708-8208.2002.tb00167.x.

Bover-Ramos F, Viña-Almunia J, Cervera-Ballester J, Peñarrocha-Diago M, García-Mira B. Accuracy of implant placement with computer-guided surgery: a systematic review and meta-analysis comparing cadaver, clinical, and in vitro studies. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 2018 Jan/Feb;33(1):101-15. doi: 10.11607/jomi.5556.

Cassetta M, Di Mambro A, Giansanti M, Stefanelli LV, Barbato E. Is it possible to improve the accuracy of implants inserted with a stereolithographic surgical guide by reducing the tolerance between mechanical components? *Int J Oral Maxillofac Surg*. 2013 Jul;42(7):887-90. doi: 10.1016/j.ijom.2013.01.011.

Cassetta M, Giansanti M, Mambro A, Stefanelli LV. Accuracy of positioning of implants inserted using a mucosa-supported stereolithographic surgical guide in the edentulous maxilla and mandible. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 2014 Sep-Oct;29(5):1071-8. doi: 10.11607/jomi.3329.

Chai J, Liu X, Schweyen R, Setz J, Pan S, Liu J, et al. Accuracy of implants surgical guides fabricated using computer numerical control milling for edentulous jaws: a pilot clinical trial. *BMC Oral Health*. 2020 Oct;20(1):288. doi: 10.1186/s12903-020-01283-4.

Chen X, Yuan J, Wang C, Huang Y, Kang L. Modular preoperative planning software for computer-aided oral implantology and the application of a novel stereolithographic template: a pilot study. *Clin Implant Dent Relat Res*. 2010 Sep;12(3):181-93. doi: 10.1111/j.1708-8208.2009.00160.x.

Choi JW, Ahn JJ, Son K, Huh JB. Three-dimensional evaluation on accuracy of conventional and milled gypsum models and 3D printed photopolymer models. *Materials (Basel)*. 2019 Oct;12(21):3499. doi: 10.3390/ma12213499.

Cristache CM, Gurbanescu S. Accuracy evaluation of a stereolithographic surgical template for dental implant insertion using 3D superimposition protocol. *Int J Dent*. 2017;2017:4292081. doi: 10.1155/2017/4292081.

Dikova T, Dzhendov DA, Ivanov D, Bliznakova K. Dimensional accuracy and surface roughness of polymeric dental bridges produced by different 3D printing processes. *Archiv Mater Sci Eng*. 2018 Dec;2(94):65-75. doi: 10.5604/01.3001.0012.8660.

Farley NE, Kennedy K, McGlumphy EA, Clelland NL. Split-mouth comparison of the accuracy of computer-generated and conventional surgical guides. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 2013 Mar-Apr;28(2):563-72. doi: 10.11607/jomi.3025.

Geng W, Liu C, Su Y, Li J, Zhou Y. Accuracy of different types of computer-aided design/computer-aided manufacturing surgical guides for dental implant placement. *Int J Clin Exp Med*. 2015 Jun;8(6):8442-9.

Hämmerle C, Stone P, Jung R, Kapos T, Brodala N. Consensus statements and recommended clinical procedures regarding computer-assisted implant dentistry. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 2009;24 Suppl:126-31.

Herpel C, Tasaka A, Higuchi S, Finke D, Kühle R, Odaka K, et al. Accuracy of 3D printing compared with milling - a multi-center analysis of try-in dentures. *J Dent*. 2021 Jul;110:103681. doi: 10.1016/j.jdent.2021.103681.

Homsy FR, Özcan M, Khoury M, Majzoub ZAK. Marginal and internal fit of pressed lithium disilicate inlays fabricated with milling, 3D printing, and conventional technologies. *J Prosthet Dent*. 2018 May;119(5):783-90. doi: 10.1016/j.prosdent.2017.07.025.

Hultin M, Svensson KG, Trulsson M. Clinical advantages of computer-guided implant placement: a systematic review. *Clin Oral Implants Res*. 2012 Oct;23 Suppl 6:124-35. doi: 10.1111/j.1600-0501.2012.02545.x.

Katsoulis J, Avrampo M, Spycher C, Stipic M, Enkling N, Mericske-Stern R. Comparison of implant stability by means of resonance frequency analysis for flapless and conventionally inserted implants. *Clin Implant Dent Relat Res*. 2012 Dec;14(6):915-23. doi: 10.1111/j.1708-8208.2010.00326.x.

Kiatkroekkrai P, Takolpuckdee C, Subbalekha K, Mattheos N, Pimkhaokham A. Accuracy of implant position when placed using static computer-assisted implant surgical guides manufactured with two different optical scanning techniques: a randomized clinical trial. *Int J Oral Maxillofac Surg*. 2020 Mar;49(3):377-83. doi: 10.1016/j.ijom.2019.08.019.

Kim SY, Shin YS, Jung HD, Hwang CJ, Baik HS, Cha JY. Precision and trueness of dental models manufactured with different 3-dimensional printing techniques. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2018 Jan;153(1):144-53. doi: 10.1016/j.ajodo.2017.05.025.

Koch KG, Gallucci GO, Lee DJ. Accuracy in the digital workflow: from data acquisition to the digitally milled cast. *J Prosthet Dent*. 2016 Jun;115(6):749-54. doi: 10.1016/j.prosdent.2015.12.004.

Lee JH, Park JM, Kim SM, Kim MJ, Lee JH, Kim MJ. An assessment of template-guided implant surgery in terms of accuracy and related factors. *J Adv Prosthodont*. 2013 Nov;5(4):440-7. doi: 10.4047/jap.2013.5.4.440.

Lee SJ, Betensky RA, Gianneschi GE, Gallucci GO. Accuracy of digital versus conventional implant impressions. *Clin Oral Implants Res*. 2015 Jun;26(6):715-9. doi: 10.1111/clr.12375.

Lin CC, Wu CZ, Huang MS, Huang CF, Cheng HC, Wang DP. Fully digital workflow for planning static guided implant surgery: a prospective accuracy study. *J Clin Med*. 2020 Apr 1;9(4):980. doi: 10.3390/jcm9040980.

Liu X, Liu J, Feng H, Pan S. Accuracy of a milled digital implant surgical guide: An in vitro study. *J Prosthet Dent*. 2020 Dec 10:S0022-3913(20)30654-5. doi: 10.1016/j.prosdent.2020.07.041.

Ma B, Park T, Chun I, Yun K. The accuracy of a 3D printing surgical guide determined by CBCT and model analysis. *J Adv Prosthodont*. 2018 Aug;10(4):279-285. doi: 10.4047/jap.2018.10.4.279.

Mangano FG, Hauschild U, Admakin O. Full in-office guided surgery with open selective tooth-supported templates: a prospective clinical study on 20 patients. *Int J Environ Res Public Health*. 2018 Oct 25;15(11):2361. doi: 10.3390/ijerph15112361.

Marcel R, Reinhard H, Andreas K. Accuracy of CAD/CAM-fabricated bite splints: milling vs 3D printing. *Clin Oral Investig*. 2020 Dec;24(12):4607-15. doi: 10.1007/s00784-020-03329-x.

Marei HF, Abdel-Hady A, Al-Khalifa K, Al-Mahalawy H. Influence of surgeon experience on the accuracy of implant placement via a partially computer-guided surgical protocol. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 2019 Sep/Oct;34(5):1177-83. doi: 10.11607/jomi.7480.

Marlière DAA, Demétrio MS, Picinini LS, Oliveira RG, Chaves Netto HDM. Accuracy of computer-guided surgery for dental implant placement in fully edentulous patients: a systematic review. *Eur J Dent*. 2018 Jan-Mar;12(1):153-60. doi: 10.4103/ejd.ejd\_249\_17.

Mukai S, Mukai E, Santos-Junior JA, Shibli JA, Faveri M, Giro G. Assessment of the reproducibility and precision of milling and 3D printing surgical guides. *BMC Oral Health*. 2021 Jan;21(1):1. doi: 10.1186/s12903-020-01362-6.

Novellino M, Sesma N, Laganá D, Ferrari G. Linear and angular deviations of implants placed in experimental casts with stereolithographic drill guides fixed by o'ring ortho implant devices. *Braz Dent J*. 2013;24(4):391-6. doi: 10.1590/0103-6440201302012.

Orentlicher G, Abboud M. Guided surgery for implant therapy. *Oral Maxillofac Surg Clin North Am*. 2011 May;23(2):239-56. v-vi. doi: 10.1016/j.coms.2011.01.008.

Ozan O, Seker E, Kurtulmus-Yilmaz S, Ersoy AE. Clinical application of stereolithographic surgical guide with a handpiece guidance apparatus: a case report. *J Oral Implantol*. 2012 Oct;38(5):603-9. doi: 10.1563/AAID-JOI-D-11-00010.

Ozan O, Turkyilmaz I, Ersoy AE, McGlumphy EA, Rosenstiel SF. Clinical accuracy of 3 different types of computed tomography-derived stereolithographic surgical guides in implant placement. *J Oral Maxillofac Surg*. 2009 Feb;67(2):394-401. doi: 10.1016/j.joms.2008.09.033.

Park JM, Yi TK, Koak JY, Kim SK, Park EJ, Heo SJ. Comparison of ve-axis milling and rapid prototyping for implant surgical templates. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 2014 Mar-Apr;29(2):374-83. doi: 10.11607/jomi.3265.

Patzelt SBM, Bishti S, Stampf S. Accuracy of computer-aided design/ computer-aided manufacturing-generated dental casts based on intraoral scanner data. *J Am Dent Assoc*. 2014 Nov;145(11):1133-40. doi: 10.14219/jada.2014.87.

Pozzi A, Polizzi G, Moy PK. Guided surgery with tooth-supported templates for single missing teeth: a critical review. *Eur J Oral Implantol*. 2016;9 Suppl 1:S135-53.

Raico Gallardo YN, da Silva-Olivio IR, Mukai E, Morimoto S, Sesma N, Cordaro L. Accuracy comparison of guided surgery for dental implants according to the tissue of support: a systematic review and meta-analysis. *Clin Oral Implants Res*. 2017 May;28(5):602-12. doi: 10.1111/clr.12841.

Ramasamy M, Giri, Raja R, Subramonian, Karthik, Narendrakumar R. Implant surgical guides: From the past to the present. *J Pharm Bioallied Sci*. 2013 Jun;5(Suppl 1):S98-S102. doi: 10.4103/0975-7406.113306.

Scherer MD. Formlabs white paper: digital dental model production with high accuracy 3D printing. Formlabs; 2017 [citado 23 maio 2021]. Disponível em: [http://pages.dentalproductsreport.com/hubfs/Digital-Dental-Model-Production\\_white-paper.pdf](http://pages.dentalproductsreport.com/hubfs/Digital-Dental-Model-Production_white-paper.pdf).

Schmitz TL, Ziegert JC, Canning S, Zapata R. Case study: a comparison of error sources in high-speed milling. *Precision Eng*. 2008 Apr;32(2):126-33. doi: <https://doi.org/10.1016/j.precisioneng.2007.06.001>.

Seo C, Juodzbalys G. Accuracy of guided surgery via stereolithographic mucosa-supported surgical guide in implant surgery for edentulous patient: a systematic review. *J Oral Maxillofac Res*. 2018 Mar 31;9(1):e1. doi: 10.5037/jomr.2018.9101.

Sigcho López DA, García I, Silva Salomao G, Cruz Laganá D. Potential deviation factors affecting stereolithographic surgical guides: a systematic review. *Implant Dent*. 2019 Feb;28(1):68-73. doi: 10.1097/ID.0000000000000853.

Soares MM, Harari ND, Cardoso ES, Manso MC, Conz MB, Vidigal Jr GM. An in vitro model to evaluate the accuracy of guided surgery systems. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 2012 Jul-Aug;27(4):824-31.

Souza AF, Diniz AE, Rodrigues AR, Coelho RT. Investigating the cutting phenomena in free-form milling using a ball-end cutting tool for die and mold manufacturing. *Int J Adv Manuf Technol*. 2014 Jan;71:1565-77. doi: <https://doi.org/10.1007/s00170-013-5579-4>.

Tahmaseb A, Wismeijer D, Coucke W, Derksen W. Computer technology applications in surgical implant dentistry: a systematic review. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 2014;29 Suppl: 25-42. doi: 10.11607/jomi.2014suppl.g1.2.

Tapie L, Lebon N, Mawussi B, Fron Chabouis H, Duret F, Attal JP. Understanding dental CAD/CAM for restorations--the digital workflow from a mechanical engineering viewpoint. *Int J Comput Dent*. 2015;18(1):21-44.

Unsal GS, Turkyilmaz I, Lakhia S. Advantages and limitations of implant surgery with CAD/CAM surgical guides: a literature review. *J Clin Exp Dent*. 2020 Apr;12(4):e409-17. doi: 10.4317/jced.55871.

Van Assche N, Vercruyssen M, Coucke W, Teughels W, Jacobs R, Quirynen M. Accuracy of computer-aided implant placement. *Clin Oral Implants Res*. 2012 Oct;23 Suppl 6:112-23. doi: 10.1111/j.1600-0501.2012.02552.x.

Van Steenberghe D, Naert I, Andersson M, Brajnovic I, Van Cleynenbreugel J, Suetens P. A custom template and definitive prosthesis allowing immediate implant loading in the maxilla: a clinical report. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 2002 Sep-Oct;17(5):663-70.

Vercruyssen M, Cox C, Coucke W, Naert I, Jacobs R, Quirynen M. A randomized clinical trial comparing guided implant surgery (bone- or mucosa-supported) with mental navigation or the use of a pilot-drill template. *J Clin Periodontol*. 2014 Jul;41(7):717-23. doi: 10.1111/jcpe.12231.

Vercruyssen M, Hultin M, Assche N, Svensson K, Naert I, Quirynen M. Guided surgery: accuracy and efficacy. *Periodontol 2000*. 2014 Oct;66(1):228-46. doi: 10.1111/prd.12046.

Verhamme LM, Meijer GJ, Bergé SJ, Soehardi RA, Xi T, De Haan AF, et al. An accuracy study of computer-planned implant placement in the augmented maxilla using mucosa-supported surgical templates. *Clin Implant Dent Relat Res*. 2015a Dec;17(6):1154-63. doi: 10.1111/cid.12230.

Verhamme LM, Meijer GJ, Boumans T, De Haan AF, Bergé SJ, Maal TJ. A clinically relevant accuracy study of computer-planned implant placement in the edentulous maxilla using mucosa-supported surgical templates. *Clin Implant Dent Relat Res*. 2015b Apr;17(2):343-52. doi: 10.1111/cid.12112.

Verhamme LM, Meijer GJ, Soehardi A, Bergé SJ, Xi T, Maal TJJ. An accuracy study of computer-planned implant placement in the augmented maxilla using osteosynthesis screws. *Int J Oral Maxillofac Surg.* 2017 Apr;46(4):511-7. doi: 10.1016/j.ijom.2016.10.013.

Weber HP, Cano J, Bonino F. Digital implant surgery. In: Masri R, Driscoli CF, editors. *Clinical applications digital dental technology.* Hoboken, NJ: Wiley; 2015. Chapter 7; p. 139-166.

Yogui FC, Verri FR, Gomes JML, Lemos CAA, Cruz RS, Pellizzer EP. Comparison between computer-guided and freehand dental implant placement surgery: A systematic review and meta-analysis. *Int J Oral Maxillofac Surg.* 2021 Feb;50(2):242-50. doi: 10.1016/j.ijom.2020.08.004.

Zhang ZC, Li PL, Chu FT, Shen G. Influence of the three-dimensional printing technique and printing layer thickness on model accuracy. *J Orofac Orthop.* 2019 Jul;80(4):194-204. English. doi: 10.1007/s00056-019-00180-y.

Zhou W, Liu Z, Song L, Kuo CL, Shafer DM. Clinical factors affecting the accuracy of guided implant surgery-a systematic review and meta-analysis. *J Evid Based Dent Pract.* 2018 Mar;18(1):28-40. doi: 10.1016/j.jebdp.2017.07.007.