



CURSO DE ODONTOLOGIA

RICARDO OLIVEIRA AMÂNCIO JÚNIOR

**FERRAMENTAS DIGITAIS 3D NO PLANEJAMENTO DE CIRURGIA GUIADA EM
IMPLANTODONTIA: revisão de literatura**

**3D DIGITAL TOOLS IN THE PLANNING OF GUIDED SURGERY IN IMPLANT
DENTISTRY: literature review**

**SALVADOR
2024.2**

RICARDO OLIVEIRA AMÂNCIO JÚNIOR

**FERRAMENTAS DIGITAIS 3D NO PLANEJAMENTO DE CIRURGIA GUIADA EM
IMPLANTODONTIA: revisão de literatura**

**3D DIGITAL TOOLS IN THE PLANNING OF GUIDED SURGERY IN IMPLANT
DENTISTRY: literature review**

Monografia apresentada ao Curso de Odontologia da Escola Bahiana de Medicina e Saúde Pública como requisito parcial para obtenção do título de Cirurgião Dentista.

Orientador: Prof. Dr. Ricardo Araújo da Silva

Co-Orientadora: Prof. Dra. Iêda Margarida Crusoé Rocha Rebello

**SALVADOR
2024.2**

Dedico este trabalho à minha família.
Amo vocês e nunca deixarei de sonhar
e lutar pelos meus sonhos,
mesmo que tudo pareça dar errado.
Com vocês, sei que tudo vai dar certo;
na verdade, com vocês, tudo já está certo.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por ser o meu alicerce, a fonte de toda minha força, e por me conceder a sabedoria necessária para concluir mais este ciclo.

Aos meus pais, Ricardo Amâncio e Milena Britto, meus maiores incentivadores e companheiros incansáveis, que sempre fizeram o possível e o impossível para me ver chegar até aqui. Amo vocês com todo o meu coração!

Aos meus avós, Leda, Jurandir, Ruy, Almiro e Marise, pelo amor incondicional, pela força imensurável e pelo constante apoio em todos os momentos.

À minha irmã, Maria Clara Amâncio, por ser meu apoio constante, meu refúgio de amor e compreensão durante toda essa jornada.

A todos os meus familiares, que contribuíram para a minha formação, sempre me incentivando a buscar o melhor de mim, e me lembrando do valor de cada passo dado.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Ricardo Silva, que esteve ao meu lado desde antes do início da graduação, sendo um exemplo de dedicação, competência e paixão pelo ensino. E, à minha co-orientadora, Profa. Dra. Iêda Crusoé, meu muito obrigado pelas orientações valiosas e pela paciência durante todo esse processo.

À minha dupla de faculdade e de vida, Thalita, que esteve ao meu lado não só durante a faculdade, mas também em cada desafio da vida e deste trabalho de conclusão.

Aos meus amigos, que estiveram ao meu lado nos momentos mais intensos dessa jornada. Vocês são os melhores, tornando tudo mais leve e significativo.

Ao PET Odonto Bahiana e a Labesb, que contribuíram imensamente para o meu crescimento profissional e pessoal, tornando essa caminhada ainda mais enriquecedora e divertida.

À Escola Bahiana de Medicina e Saúde Pública, minha segunda casa durante esses últimos 5 anos, onde vivi experiências únicas e inesquecíveis, que marcaram para sempre minha formação e minha vida.

Aos professores, colaboradores e a todos que, de alguma forma, contribuíram para que este momento se tornasse realidade, meu sincero agradecimento por cada gesto, por cada aprendizado e por estarem presentes de alguma maneira nesta conquista.

RESUMO

Introdução: A odontologia tornou-se digital e com as inovações e aperfeiçoamentos ela ficou ainda mais segura, precisa e menos invasiva. Neste sentido, os avanços permitiram o surgimento de novas tecnologias, a exemplo de desenho assistido por computador, exames tomográficos computadorizados de feixe cônico (TCFC), manufatura assistida por computador (CAD/CAM- Computer-aided design/computer-aided manufacturing), scanners que dão a possibilidade de planejar todo o processo odontológico através de softwares, além de possibilitar a confecção de planejamentos, por meio de impressoras 3D ou fresadoras. **Objetivo:** Verificar a importância das tecnologias digitais 3D no planejamento odontológico para a cirurgia guiada em implantes. **Metodologia:** Pesquisa bibliográfica do tipo revisão narrativa, consultando artigos científicos disponíveis online nas bases de dados PubMed, Lilacs, Google Scholar, Bvsalud e Scielo, entre o período 2016 a 2024 e as palavras chaves utilizadas foram Tomografia Computadorizada de Feixe Cônico, Implantes Dentários, Imageamento Tridimensional, Impressão Tridimensional. **Resultados:** Esta pesquisa revisa e analisa 15 estudos selecionados de acordo com critérios de inclusão específicos, visando discutir ferramentas digitais 3D e suas aplicações no planejamento de guias cirúrgicos na odontologia. **Considerações finais:** A reflexão de que a tecnologia é aliada a procedimentos odontológicos é irrefutável. Tendo em vista, que as ferramentas digitais 3D são a evolução dos guias convencionais com alginatos, resinas acrílicas, gessos, entre outros materiais. Dessa forma, os dispositivos tecnológicos são imprescindíveis para um planejamento odontológico mais preciso, rápido, previsível e um resultado com probabilidade diminuta de erros.

PALAVRAS-CHAVE: Tomografia Computadorizada de Feixe Cônico, Implantes Dentários, Imageamento Tridimensional, Impressão Tridimensional.

ABSTRACT

Introduction: Dentistry has become digital, and with innovations and advancements, it is now safer, more precise, and less invasive. In this context, technological progress has led to the development of new tools, such as computer-aided design (CAD), cone-beam computed tomography (CBCT), computer-aided manufacturing (CAM), and scanners that allow for comprehensive dental treatment planning through specialized software. Additionally, these technologies enable the fabrication of treatment plans through 3D printers or milling machines.

Objective: To assess the importance of these new electronic technologies in dental treatment planning for guided implant surgery.

Methodology: A descriptive literature review, consulting scientific articles available online in databases such as PubMed, Lilacs, Google Scholar, Bvsalud, and Scielo, published between 2016 and 2024. The keywords used included Cone-Beam Computed Tomography, Dental Implants, Three-Dimensional Imaging, and Three-Dimensional Printing.

Results: This research reviews and analyzes 15 selected studies according to specific inclusion criteria, aiming to discuss 3D digital tools and their applications in the planning of surgical guides in dentistry.

Conclusion: The reflection that technology is an ally to dental procedures is irrefutable. Considering that 3D digital tools represent an evolution from conventional guides using materials like alginates, acrylic resins, and gypsum, technological devices are essential for more precise, rapid, and predictable dental planning, resulting in a significantly reduced probability of errors.

KEY-WORDS: Cone-Beam Computed Tomography, Dental Implants, Three-Dimensional Imaging, Three-Dimensional Printing.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	8
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	10
2.1 CIRURGIA GUIADA PARA IMPLANTES	11
2.2 CIRURGIA GUIADA X CIRURGIA CONVENCIONAL	12
3 METODOLOGIA	14
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	15
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	23
REFERÊNCIAS	24

1 INTRODUÇÃO

As contribuições das ferramentas digitais na Odontologia incluem avaliação, planejamento, compartilhamento e impressões em casos de cirurgias ortognáticas, modelos cirúrgicos para implantes, guias cirúrgicos, endodontia micro guiada, perfuração e corte de implantes, guias de perfuração e corte, ortodontia digital, coroas, pontes, planejamento de tratamentos pré-operatórios, restaurações e diversas outras atividades no planejamento odontológico¹.

A odontologia vem se tornando digital e com as inovações e aperfeiçoamentos, ao decorrer dos tempos, ela torna-se ainda mais segura, precisa e menos invasiva. Nesse sentido, traz uma infinidade de possibilidades tecnológicas, a exemplo de desenho assistido por computador, exames tomográficos computadorizados de feixe cônico (TCFC), manufatura assistida por computador (CAD/CAM- Computer-aided design/computer-aided manufacturing), scanners, que dão a possibilidade de planejar todo o processo odontológico através de softwares, além de executar de forma guiada este planejamento, por meio de guias impressos 3D ou fresadoras. Essas ferramentas têm como finalidade orientar a posição tridimensional, garantir a precisão e guiar onde o implante deve estar localizado.

Em 1983, Charles Hull imprimiu um objeto tridimensional². Hull inventou a impressão 3D que ele chamou de “estereolitografia-STL”. A estereolitografia interpreta os dados em um arquivo CAD usando o arquivo no formato STL. Além da forma, as características também podem incluir informações sobre cor, textura e espessura do objeto a ser impresso. Mais tarde, Hull fundou a empresa 3D Systems, que introduziu a primeira impressora 3D comercialmente disponível chamada SLA-250 em 1988³. Essa forma de impressão é a mais comum para a confecção de guias cirúrgicos.

A cirurgia guiada surge com o avanço tecnológico, que visa a redução de erros no processo cirúrgico, por exemplo de instalação de implantes, e a instalação deles numa posição precisamente ideal. Estas guias são produzidas com alta precisão e são modelos individualizados para cada paciente, obtidos por meio de softwares e imagens tomográficas⁴.

O processo de impressão 3D começa projetando uma imagem virtual do objeto a ser construído e, em seguida, converte as informações em um arquivo digital. O programa de modelagem 3D fornece um desenho virtual a uma impressora. Isto requer um software CAD, que permite copiar e criar objetos a partir do zero⁵.

A impressão 3D permite ao dentista visualizar e registrar detalhadamente o objeto a ser impresso, além de imprimir modelos dos tecidos duros e moles com medições precisas. Vários métodos de impressão 3D, como a estereolitografia (SLA), a sinterização seletiva por laser (SLM) e a modelação por deposição fundida (FDM) permitem-nos uma rápida confecção de protótipos. Cada tecnologia oferece vantagens específicas na criação de um determinado tipo de produto¹.

A reflexão de que a tecnologia é aliada a procedimentos odontológicos é irrefutável. Tendo em vista, que as ferramentas digitais 3D são a evolução das etapas convencionais com alginatos, resinas acrílicas, gessos, entre outros materiais. Dessa forma, os dispositivos tecnológicos são diferenciais para um planejamento odontológico mais preciso, rápido, previsível e um resultado com probabilidade diminuta de erros. Então, o objetivo deste trabalho é verificar a importância das tecnologias 3D no planejamento odontológico para a cirurgia guiada em implantes.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O maior desafio acerca dos procedimentos na implantodontia é a posição em que os implantes serão instalados, o que é chamada de posição 3D. Visto que os primeiros implantes foram instalados tendo como referência somente radiografias e modelos de gesso, a instalação dos implantes requeria tomada de decisões do(a) profissional durante o trans cirúrgico, o que demandava bastante conhecimento anatômico e experiência. Além disso, as radiografias fornecem somente a visão da altura do osso e não da espessura, pois é um exame bidimensional, então os procedimentos se tornavam mais sujeitos à erros e falhas⁶. Para tanto, um encerramento diagnóstico, com o intuito de obter a posição compatível dente implante, era realizado. Entretanto, tais ferramentas não eram capazes de fornecer uma ideia de altura e largura precisas do osso, bem como informações exatas a respeito do perfeito posicionamento tridimensional do parafuso de titânio⁷.

A ausência de fidedignidade por parte das técnicas analógicas levava os profissionais a tomarem muitas decisões durante o processo trans-cirúrgico, demandando do(a) cirurgião(ã) um grande conhecimento e experiência, pois, muitas vezes, os implantes eram instalados próximos a áreas nobres. Além disso, em casos mais extremos, essas falhas no planejamento resultavam em perda precoce dos implantes ou em um tratamento incapaz de devolver harmonia, estética e funcionalidade à mastigação do(a) paciente⁸.

No concernente a posição, a ideal deve ser analisada, considerando-se três planos espaciais: o mesiodistal, o vestibulolingual e o ápico coronal. Acompanhando a evolução tecnológica, a era digital permitiu, por meio de exames tomográficos (em especial a Tomografia Cone Beam), a aquisição de imagens e informações em três dimensões de qualquer estrutura que se necessite estudar, com a vantagem de, agora, com menores doses de radiação X, comparativamente a Tomografia de feixe em leque. A partir daí temos ao nosso alcance informações com precisão da altura, largura e profundidade das estruturas de interesse⁶.

Esse sistema de planejamento virtual permite a visualização das relações entre o posicionamento cirúrgico do implante a ser instalado e o posicionamento protético da reabilitação que será confeccionada, percebendo, antecipadamente, a necessidade de alterações no planejamento cirúrgico, podendo evitar o uso de intermediários angulados para compensar eventuais inclinações desfavoráveis dos

implantes⁹. Devido a essas tecnologias, é possível predeterminar a posição tridimensional precisa do implante planejado antes da sua inserção real no leito cirúrgico, o que chamamos de cirurgia guiada¹⁰.

2.1 CIRURGIA GUIADA PARA IMPLANTES:

A cirurgia guiada se caracteriza por utilizar um guia cirúrgico que tem como objetivo reproduzir a posição virtual ideal do implante, por meio de sítios criados para a inserção de uma série de brocas de acordo com a trajetória pré-estabelecida pelo planejamento digital. A cirurgia guiada é uma excelente opção, exibindo vantagens em relação a precisão, redução da dor e redução do tempo cirúrgico. No entanto, há fatores negativos como custo, a impossibilidade de mudança no transoperatório e possíveis erros de confecção. Existem ainda limitações como fratura da guia e baixo acesso ao sítio cirúrgico^{1,11}.

O guia cirúrgico é responsável pela transferência precisa do planejamento virtual obtido por scanners para o procedimento cirúrgico, possibilitando realização de cirurgia sem retalho, podendo ser ósseo, dento ou muco-suportado¹². O guia cirúrgico tem como objetivo colocar em prática o planejamento feito no ambiente virtual. Esse planejamento virtual permite ao profissional uma visualização prévia da posição ideal do implante, possibilitando prever a direção de emergência da prótese e ajustar a angulação para uma melhor distribuição da carga, orientar o profissional no ato cirúrgico durante as perfurações ósseas e subsequente instalação dos implantes, em caso da topografia óssea, permitir a instalação dos implantes nas posições pré-determinadas. O Planejamento do guia deve auxiliar na tomada de decisão do Implantodontista da necessidade de enxertos ósseos ou dos novos locais a serem instalados os implantes¹².

Existem três tipos de guias cirúrgicos. Os dentossuportados que são indicados para reabilitações unitárias e parciais e servem tanto nos casos de extração e colocação imediata de implantes, quanto nos implantes tardios¹³. O segundo tipo, o mucossuportado, é indicado no caso de pacientes edêntulos totais ou que possuem poucos dentes remanescentes. Por fim, os guias cirúrgicos osseossuportados são utilizados nos casos de abertura de retalho ou osteostomia. Os guias dentossuportados são considerados mais precisos do que os mucossuportados que,

por sua vez, são mais precisos do que os osseossuportados. A diferença é que os dentossuportados são apoiados em estruturas que oferecem maior estabilidade durante o procedimento, em comparação aos tecidos moles, que podem sofrer alterações de volume entre a aquisição de informação da informação e o momento da cirurgia¹³.

Os biomodelos são protótipos biomédicos obtidos a partir de imagens tomográficas computadorizadas axiais, que têm como finalidade auxiliar na compreensão das deformidades¹⁴. Os protótipos vão permitir a obtenção de medidas das estruturas, simulação e planejamento cirúrgicos, diminuindo dessa forma, o tempo cirúrgico, o tempo de anestesia e o risco de infecção¹⁵.

A impressão 3D é uma tecnologia que permite a duplicação morfológica de estruturas anatômicas em escala real, obtidas por meio de exames de imagem, resultando nos chamados biomodelos, que permitem a visualização tridimensional das estruturas anatômicas complexas, facilitando o planejamento pré-operatório de implantes. Uma técnica aplicável, pois permite a realização da cirurgia guiada. Bem como esses protótipos permitem a redução do tempo cirúrgico, do tempo necessário de anestesia e do risco de infecção¹⁶. A técnica da prototipagem facilita a obtenção dos guias cirúrgicos, tornando-se um diferencial para que se consiga um perfeito planejamento que antevê resultados e contribuições da prótese final para benefício do tratamento como um todo, ou seja, uma boa dinâmica e estética agradáveis. A prototipagem e a cirurgia guiada representam um novo horizonte na implantodontia de forma que os procedimentos cirúrgicos se tornam mais simples, seguros e previsíveis¹⁶.

2.2 CIRURGIA GUIADA X CIRURGIA CONVENCIONAL:

Os avanços na odontologia não param em busca de proporcionar o melhor para pacientes e cirurgião dentista, visando atendimentos menos invasivos e mais rápidos, gerando maior produtividade por parte dos(as) profissionais e adesão dos(as) pacientes ao tratamento. A reabilitação oral com implantes osseointegrados é considerada cada vez mais como uma opção de tratamento pelos(as) cirurgiões(ãs) dentistas e pacientes, a inclusão de tecnologias chega para agregar, visando diminuir os riscos de falhas como na técnica convencional de instalação de implantes,

proporcionando assim maior segurança ao(a) profissional e bem-estar aos(as) pacientes utilizando a cirurgia guiada, tendo um pós cirúrgico mais favorável¹¹.

A cirurgia virtual guiada permite que implantes sejam colocados através de guias cirúrgicos que possibilitam uma cirurgia sem retalho. A natureza minimamente invasiva de um procedimento sem retalho pode significar morbidade reduzida, maior segurança em pacientes clinicamente comprometidos¹⁷.

Quando se trata de modelos totalmente guiados a perfuração óssea e inserção do implante é pré-determinada, sendo assim, elimina-se a possibilidade de alteração durante a cirurgia. Habilidades de planejamento 3D são necessárias e qualquer erro no planejamento pré-cirúrgico ou dentro do sistema guiado resultará em um posicionamento incorreto do implante. Por isso, a experiência, em todas as etapas de uma cirurgia guiada, é altamente indicada para se minimizar erros, complicações, ou eventos inesperados, sejam eles no diagnóstico, planejamento, confecção do guia ou instalação do implante¹⁷.

Deve-se levar em consideração que a cirurgia virtual guiada adiciona planejamento digital e custos ao tratamento, onde nos procedimentos de diagnóstico e planejamento se tem a necessidade de utilizar software, sendo que isso acaba exigindo um treinamento mais avançado e por fim elevando o custo e o tempo de pré cirúrgico propriamente dito, principalmente em comparação com a técnica convencional onde não há necessidade de utilização de fluxos digitais¹⁸.

As vantagens mais citadas na literatura para essa técnica cirúrgica foram: a precisão e a redução de dor pós-operatória e edema em comparação à técnica cirúrgica convencional. Fatores negativos, relatados na literatura, estão associados à impossibilidade de mudanças no trans operatório, ser mais onerosa e demandar mais tempo no pré-operatório, além de possíveis erros na fabricação dos guias que estão diretamente associados à experiência profissional. Os autores também citam algumas pequenas complicações e limitações como fratura do guia, fenestração óssea e baixo acesso ao sítio cirúrgico^{1,11}.

3 METODOLOGIA

Para ser realizada essa revisão de literatura foi feito um levantamento bibliográfico nas bases de dados PubMed, Lilacs, Google Scholar, Bvsalud e Scielo, sendo selecionados artigos entre os anos de 2016 a 2024. Para a busca foram utilizados os seguintes descritores em inglês: Cone beam computed tomography, Surgical guides, dental implant. Tendo como parâmetro para essa seleção os seguintes critérios de inclusão: artigos científicos publicados e disponíveis integralmente em suporte eletrônico, que tratassem especificamente do uso de tecnologias 3D no contexto da implantodontia com guias cirúrgicos; artigos nas línguas inglesa e portuguesa.

Dentre os critérios de exclusão estão teses de doutorado, resumos de congressos ou eventos, artigos incompletos ou que não apresentaram relevância contextual para o trabalho, artigos em outras línguas que não fossem as determinadas nos critérios de inclusão.

Inicialmente, utilizando os descritores definidos, conseguimos registrar 43 artigos. Após lido os resumos e retirados os artigos que se duplicaram ou que fossem incompatíveis, registramos 28 trabalhos científicos que serviram de fundamentação teórica e estão referenciados por todo o trabalho. Em um último refinamento apenas 15 trabalhos publicados foram escolhidos para a nossa discussão devido a esses que discutem as Ferramentas Digitais 3D no planejamento dos guias e suas aplicações ou técnicas propriamente ditas sobre o tema proposto.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Quadro 1 Relação de autores(as) com base nos descritores e nos critérios propostos pela revisão de literatura narrativa. Divide-se em autores(as); objetivo do estudo; método; conclusão.

ANO	AUTOR	METODOLOGIA	OBJETIVO	CONCLUSÃO
1986	Charles W. Hull	Criação de objetos tridimensionais por meio de camadas sucessivas de um material líquido curável por UV. Um feixe de luz UV é aplicado seletivamente, formando cada camada de um objeto a partir de um desenho CAD.	Um sistema para gerar objetos tridimensionais através da criação de um padrão de seção transversal.	A estereolitografia é um avanço significativo na fabricação de objetos tridimensionais, possibilitando a criação precisa e rápida de protótipos e modelos complexos a partir de designs digitais.
1992	S. Scott Crump	Esta invenção refere-se a um aparelho e a um processo para formar um objeto tridimensional de design predeterminado, especificamente na fabricação de modelos ou artigos por meio da deposição de múltiplas camadas de um material em estado fluido sobre uma base. O material é selecionado e sua temperatura controlada para que solidifique de forma praticamente instantânea ao ser extrudado ou dispensado sobre a base, resultando na formação do artigo desejado por meio da sobreposição das camadas.	Apresentar um sistema avançado para a produção de objetos tridimensionais utilizando técnicas de estereolitografia.	A estereolitografia surge como uma inovação na manufatura de objetos tridimensionais, permitindo que designs digitais sejam rapidamente transformados em protótipos e modelos reais.
2007	Meurer E et. al	Envolve o uso de tomografias e outros exames de imagem para criar modelos tridimensionais precisos da anatomia do paciente.	O uso de biomodelos de prototipagem rápida em cirurgia e traumatologia bucomaxilofacial.	Os biomodelos de prototipagem rápida são uma ferramenta crucial para a cirurgia bucomaxilofacial, permitindo um planejamento cirúrgico detalhado e a execução

				precisa de procedimentos.
2010	Waldemar D. Polido	Análise e discussão de diferentes aspectos das moldagens digitais, incluindo o desenvolvimento de scanners e sua aplicação clínica em áreas como Ortodontia, Prótese e Dentística. Uma revisão das tecnologias e avanços técnicos.	O artigo busca explorar a aplicação de tecnologias de moldagem digital e escaneamento tridimensional (3D) em Odontologia, com foco nas áreas de Ortodontia e Prótese.	A moldagem digital e o escaneamento 3D representam uma transformação significativa na Odontologia, substituindo moldagens convencionais por um processo mais confortável, rápido e preciso.
2012	G. de Vico. Et. al	Um planejamento pré-operatório detalhado para a colocação do implante e a restauração, utilizando técnicas de imagem tridimensional, como a tomografia digital de volume, que permitem a aquisição de dados radiológicos com baixa radiação e alta precisão. Esses dados são processados com softwares especializados, possibilitando a análise e o planejamento adequado do procedimento.	Relatar os benefícios da utilização de um planejamento virtual assistido por computador, combinado com a cirurgia sem retalho (flapless) e carga imediata na reabilitação de pacientes parcialmente edêntulos.	A cirurgia guiada por computador em três dimensões, associada à técnica flapless e carga imediata, representa uma melhoria significativa na qualidade dos procedimentos cirúrgicos e nos resultados restauradores.
2016	Lucas Stumpf Böckmann	A coleta de dados do estudo será realizada por meio da análise de artigos científicos nas bases de dados PubMed, SCIELO e no portal de periódicos CAPES, abrangendo publicações de 1958 a 2016. Para a busca dos artigos, serão utilizadas as seguintes palavras-chave: "Conventional Impression," "Elastomeric Dental Materials," "Digital	Revisar as diferentes técnicas de moldagem para próteses fixas sobre dentes, focando tanto nos métodos convencionais com elastômeros quanto no escaneamento intraoral digital.	Técnicas de moldagem convencionais quanto o escaneamento intraoral digital oferece resultados clínicos satisfatórios para próteses fixas sobre dentes. No entanto, o escaneamento digital destaca-se pelo maior conforto do paciente, menor tempo de trabalho e precisão semelhante ou superior.

		Impression," "CAD/CAM," "Intraoral Scanner," e "Digital Impression."		
2017	Jacques Vermeulen	Um total de 80 implantes foram colocados por 10 clínicos experientes em modelos maxilares anteriores, feitos de poliamida por sinterização a laser seletivo e montados em uma cabeça de manequim.	Comparar a precisão da colocação de implantes dentários utilizando dois métodos: o método livre (freehand) e o método guiado com auxílio de um guia cirúrgico tridimensional (SIMPLANT Guide) em um modelo simulado de mandíbula.	A cirurgia guiada é significativamente mais precisa que o método livre, resultando em menor desvio angular e lateral entre a posição planejada virtualmente e a posição final do implante.
2018	Reinhilde Jacobs Et. al	Apoiado por uma revisão narrativa, foram fornecidas recomendações para a justificação e otimização da imagem de Tomografia Computadorizada de Feixe Cônico (TCFC) na odontologia de implantes.	Revisar e fornecer recomendações para o uso justificado e otimizado da tomografia computadorizada de feixe cônico (TCFC) na odontologia de implantes.	Recomendam o uso da TCFC principalmente para o planejamento cirúrgico e diagnóstico pré-operatório, visando melhorar a precisão e reduzir complicações. No entanto, para o acompanhamento pós-operatório, sugerem cautela e enfatizam o uso de radiografias bidimensionais convencionais, a menos que sejam necessários dados específicos em 3D.
2018	Öznur Özalp Et. al	Analisou 56 indivíduos que realizaram tanto radiografia panorâmica quanto tomografia computadorizada de feixe cônico (TCFC) antes da cirurgia de implante dentário.	Comparar as medições feitas com radiografia panorâmica e com tomografia computadorizada de feixe cônico (TCFC) para avaliar sua precisão em evitar estruturas anatômicas	A radiografia panorâmica pode ser suficiente para avaliar a altura óssea em casos de rotina ou quando a TCFC não está disponível. No entanto, a TCFC é recomendada em casos com altura óssea insuficiente para garantir maior segurança, especialmente quando

			críticas nas mandíbulas durante o planejamento de implantes dentários.	não é possível manter uma margem de segurança adequada entre o implante e as estruturas anatômicas críticas.
2019	Paolo Cappare Et. al	Pacientes foram tratados com reabilitações de arco total suportadas por seis implantes dentários imediatamente carregados, alocados aleatoriamente em dois grupos: controle (impressão convencional) e teste (impressão digital). Próteses temporárias foram entregues em até 24 horas. Quatro meses após a colocação dos implantes, o grupo controle fez a montagem convencional, enquanto o grupo teste realizou impressões digitais definitivas.	Comparar as técnicas de impressão convencional e digital para reabilitações maxilares totais, utilizando seis implantes imediatamente carregados. Foram avaliados o tempo de procedimento, a precisão de conexão das próteses e a perda óssea marginal entre os dois métodos.	As impressões digitais apresentam resultados clínicos e radiográficos satisfatórios, com precisão e previsibilidade adequadas para a prática clínica. Além disso, o fluxo de trabalho digital foi mais rápido e menos invasivo para os pacientes, mostrando-se uma alternativa viável para reabilitações totais sobre implantes.
2019	Abarna Jawahar ¹ , G. Maragathavalli ²	Examina a aplicação de cada técnica em procedimentos odontológicos, como guias cirúrgicos, modelos anatômicos, ortodontia digital e próteses dentárias, enfatizando a precisão, tempo de fabricação e materiais utilizados em cada tecnologia.	Explorar as diversas aplicações da impressão 3D na odontologia, abordando técnicas como estereolitografia, impressão a jato de tinta, sinterização seletiva a laser e modelagem por deposição de material fundido.	A impressão 3D está se consolidando como uma tecnologia promissora na odontologia, oferecendo precisão e personalização em tratamentos. As aplicações vão desde ortodontia e endodontia até cirurgia ortognática e prótese maxilofacial, tornando os procedimentos mais rápidos, precisos e menos invasivos.
2020	David Schneider Et. al	Modelos de gesso foram montados em cabeças de manequim com espaços dentários de tamanhos variados. Implantes foram colocados com guia	Comparar o planejamento e colocação de implantes à mão livre com os assistidos por computador em	Os protocolos mostraram um menor desvio da posição do implante em relação à posição planejada do implante em comparação com a colocação de implante à

		CAD-CAM no grupo teste e manualmente no grupo controle. Após uma TCFC, a posição dos implantes foi comparada à planejada, e análises estatísticas, foram realizadas para verificar diferenças significativas entre os grupos.	relação ao planejamento do implante planejado e alcançado.	mão livre, independentemente do tamanho da lacuna dentária.
2020	Florian Kernen Et. al	A análise de sistemas de software utilizados para o planejamento virtual de implantes dentários, focando na importação de dados de imagem e na exportação do planejamento para o design e fabricação de guias de perfuração.	Revisa softwares de planejamento virtual para cirurgia guiada por implantes, focando em etapas de importação de dados, visualização, e design e fabricação de guias de perfuração.	A análise dos sistemas de planejamento virtual mostrou que todos possuem interfaces DICOM para importar dados radiográficos, mas diferem nas capacidades de design e produção de guias de perfuração personalizadas.
2020	Takashi Sawase ¹ , Shinichiro Kuroshima ²	Revisar a literatura, que analisa estudos existentes sobre o uso de scanners intraorais na odontologia para instalação de implantes.	Avaliar a aplicabilidade de scanners intraorais na odontologia de implantes, abordando aspectos como precisão, tempo de operação, segurança e percepção do paciente em comparação com técnicas convencionais de moldagem.	Os scanners intraorais oferecem precisão comparável às técnicas convencionais para próteses unitárias ou parciais, com vantagens em termos de eficiência de tempo e preferência dos pacientes.
2020	Hugo Gaêta-Araujo Et.al	Coleta de informações detalhadas sobre as características de todos os dispositivos de Tomografia Computadorizada de Feixe Cônico (TCFC) disponíveis, consultando	Visa realizar uma visão geral das duas décadas de uso da tomografia computadorizada de feixe cônico (TCFC) na radiologia	A TCFC se estabeleceu como uma ferramenta fundamental na radiologia dentomaxilofacial, oferecendo diagnósticos e planejamento cirúrgico

		os dados fornecidos pelos fabricantes. Além disso, foram realizadas visitas a fabricantes de máquinas recentemente desenvolvidas.	dentomaxilofacial, detalhando as características técnicas e avanços dos dispositivos disponíveis desde 1996 até 2019.	tridimensional com alto grau de precisão.
--	--	---	---	---

Resultados das buscas realizadas se encontram no quadro **1**. Foram colocadas as seguintes informações: ano de publicação, autor, metodologia, objetivo e a conclusão.

Atendendo aos critérios de inclusão para os resultados e discussão, foram selecionados 15 artigos, sendo a maioria em inglês (80%) e língua portuguesa (20%). A predominância desse resultado dos autores é brasileira (20%), seguido de estadunidense (13,33%), italiana (13,33%), Bélgica (13,33%), indiana (6,67%), alemã (6,67%), turquês (6,67%), suíço (6,67%), japonês (6,67%) e francês (6,67%).

Os tipos de estudo desse resultado variam entre revisão de literatura, estudo observacional, caso clínico e pesquisa.

Dos resultados obtidos por análise literária, 15 artigos discutem as ferramentas digitais 3D no planejamento dos guias e suas aplicações ou técnicas propriamente ditas sobre o tema proposto, nos quais 4 sobre Uso de Biomodelos e Planejamento Virtual em Cirurgia e Reabilitação Odontológica, 3 Aplicações de Estereolitografia e Impressão 3D na Odontologia e Manufatura de Protótipos; 3 Moldagem Digital e Escaneamento 3D; 3 Comparação de Técnicas de Radiografia e Tomografia na Implantodontia; e 2 sobre Comparação entre Técnicas de Planejamento e Colocação de Implantes.

Özalp¹⁹ em 2018, comprovou um maior índice de sucesso nas reabilitações por implantes após a utilização do fluxo digital, comparou medidas de diversos pontos da região dento-maxilo-facial obtidas através da radiografia panorâmica e TCFC com o objetivo de avaliar a precisão entre ambos e o grau de confiabilidade de cada um desses métodos de diagnóstico por imagem no planejamento de implantes próximos a áreas nobres. Foram observadas diferenças estatísticas significativas entre as medidas de TCFC e radiografia panorâmica, concluindo que, sobretudo, em casos em

que a disponibilidade óssea é reduzida, lançar mão apenas de recursos 2D para o planejamento e instalação dos implantes pode não ser suficiente.

De acordo com POLIDO²⁰, em 2010, evitar desconforto, tornar mais rápido o trabalho, melhorar a comunicação entre colegas e os laboratórios de prótese e reduzir os espaços físicos necessários para o arquivamento desses modelos são algumas das vantagens dessa tecnologia.

Em contrapartida, Kernen²¹ em 2020, trouxe que na técnica guiada pode ocorrer falhas quando artefatos de imagem distorcem a superfície do dente e o volume do osso, os sistemas atuais de software fornecem segmentação automática de ossos, dentes ou tecidos moles, porém devido a esses artefatos, as configurações usadas podem não exibir algumas estruturas específicas, tendo que ser complementada pela técnica convencional limitando algumas janelas de valores no software.

Porém, BÖCKMANN²² fala que os scanners intra-orais, tem objetivo de simplificar o tempo clínico, automatizar e qualificar o trabalho do cirurgião dentista, com moldagem de alta precisão e excelente adequação protética, uma visão minuciosa de acabamento da margem dos preparos protéticos e tecidos circundantes. O escaneamento intra-oral tem a capacidade de eliminar várias etapas dos sistemas convencionais, desde a seleção de moldeiras à expedição do material ao laboratório, uma vez que se elimina o vazamento de gesso e montagem de articulador.

Mendes²³ em 2020, diz que uma grande vantagem da técnica guiada é a possibilidade de repetições, uma vez que são modelos computadorizados. Entretanto, afirmam também que existem limitações para esses sistemas, como escolha do hardware utilizado, câmera, equipamento de escaneamento e as máquinas de usinagem, além de exigir que o cirurgião dentista e o técnico de laboratório, tenham experiência e conhecimento sobre os sistemas. Ainda sobre essas desvantagens, Mendes²³, aborda que essas tecnologias ainda estão em sua grande maioria, sob domínio de empresas norte-americanas, o que eleva os custos para confecção dos modelos digitais. No Brasil, ainda se encontram em escassez o desenvolvimento dessas tecnologias, sobre o investimento em treinamento pessoal e material ter custo elevado.

Cappare²⁴ em 2019, dividiu aleatoriamente 50 pacientes totalmente desdentados em dois grupos com o objetivo de comparar as impressões convencionais versus digitais para reabilitações maxilares. No grupo controle, os pacientes foram tratados a

partir de moldagens tradicionais, enquanto, no grupo teste foi utilizado um fluxo de trabalho totalmente digital a partir de modelos obtidos através de escaneamento intraoral. Os resultados clínicos e radiológicos desse estudo defendem uma precisão e previsibilidade satisfatórias do scanner intraoral como uma alternativa confiável para prática clínica de reabilitações com implantes. Portanto, um fluxo totalmente digital, como o realizado no estudo, em que foi criado um modelo virtual do paciente pela sobreposição de arquivos DICOM e STL, se elimina a necessidade de utilização de moldeiras e materiais de impressão, evitando envio para um laboratório, diminuindo, consequentemente, o tempo de trabalho despendido pelo cirurgião-dentista²⁵.

VERMEULEN²⁶ em 2017, investigou a diferença na acurácia entre a colocação de implantes à mão livre quando contraposto a utilização de planejamento virtual através de softwares específicos em situações com um ou mais dentes ausentes, realizada por cirurgiões experientes. O autor concluiu que a cirurgia guiada oferece, mesmo aos cirurgiões experientes, previsibilidade e precisão significativamente maiores do que a cirurgia à mão livre.

SCHENEIDER²⁷, a partir de um estudo in vitro, utilizaram quarenta e oito modelos idênticos representando a mandíbula inferior de um humano do gênero masculino para avaliar a precisão da colocação de implantes através das técnicas digitais e convencionais. No grupo teste, os implantes foram instalados com base em um planejamento virtual e utilizando a tecnologia CAD/CAM, enquanto, no grupo controle, os implantes foram colocados manualmente com um guia cirúrgico convencional feito de acrílico e fabricado em laboratório. Ao fim do estudo, concluiu-se que os protocolos que aplicaram o sistema CAD/CAM apresentaram menor desvio da posição do implante quando comparados as técnicas a mão livre que utilizaram guias confeccionadas em resina acrílica.

Por fim, para LIMA²⁸, a técnica de cirurgia guiada para instalação de implantes, realizada, através do fluxo digital, possui várias vantagens quando comparado a técnica convencional, sendo mais rápida, precisa, trazendo uma menor morbidade ao paciente e pós-operatório mais tranquilo, porém a indicação deve ser respeitada, já que a mesma não pode ser realizada em todos os casos. Desta maneira devendo esta ser realizada quando possível. assim um estudo que avaliasse pacientes submetidos a técnica de cirurgia guiada e tradicional após um período de preservação surge como sugestão para novo trabalho.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As ferramentas digitais 3D transformaram a odontologia para melhor, proporcionando vantagens expressivas em termos de precisão, planejamento, conforto e eficiência na confecção de guias para implantes. Entretanto, as desvantagens, como o custo elevado, dependência tecnológica e a curva de aprendizado, não devem ser subestimadas. Sendo assim, é imprescindível que o uso da odontologia digital seja com investimento estratégico em equipamentos de alta qualidade e no treinamento adequado dos profissionais. Com isso, é possível oferecer um tratamento excelente, melhorando a experiência, rapidez e os resultados para os pacientes e os cirurgiões-dentistas.

REFERÊNCIAS

1. Jawahar A, Maragathavalli G. Applications of 3d printing in dentistry – a review. J. Pharm. Sci. & Res. 2019; 11(5):1670-5.
2. Hull C. Apparatus for production of three-dimensional object by stereolithography. u. s. patent 4,575,330, 1986.
3. Crump S. S. Apparatus and method for creating three-dimensional objects. U.S. Patent 5,121,329, June 9, 1992.
4. Kraft B, Júnior EM, Oliveira G. Avaliação da influência da cirurgia guiada na precisão do posicionamento de implantes unitários em alvéolos na região anterior–estudo clínico randomizado. Curitiba. Instituto Latino-Americano de Pesquisa e Ensino Odontológico. 2019.
5. 3DPrinting.com. What is 3d printing and how does it work? Available at: <http://3dprinting.com/what-is-3d-printing/#whatitis>. Acessado em 29 de maio de 2023.
6. Pereira RA, Siqueira LS, Romeiro RL. Cirurgia guiada em implantodontia: relato de caso. Revista Ciência e Saúde On-line.2019; 4(1): 34-42.
7. Jacobs R, Salmon B, Codari M, Hassan B, Bornstein MM. Cone beam computed tomography in implant dentistry: recommendations for clinical use. BMC Oral Health. 2018. 15;18(1):88. DOI: 10.1186/s12903-018-0523-5.
8. Gaêta-Araujo H, Alzoubi T, Vasconcelos KF, Orhan K, Pauwels R, Casselman JW, Jacobs R. Cone beam computed tomography in dentomaxillofacial radiology: a two-decade overview. Dentomaxillofac Radiol. 2020; 49(8):20200145. DOI: 10.1259/dmfr.20200145.
9. Orentlicher G, Abboud M. Guided surgery for implant therapy. Oral Maxillofac Surg Clin North Am. 2011;23(2):239-56. DOI: 10.1016/j.coms.2011.01.008.
10. DE Vico G, Spinelli D, Bonino M, Schiavetti R, Pozzi A, Ottria L. Computer-assisted virtual treatment planning combined with flapless surgery and immediate loading in the rehabilitation of partial edentulies. Oral Implantol. 2012; 5(1):3-10.
11. Da Silva EVP, Teixeira TA, Veras ESL. Cirurgia guiada em implantodontia: revisão integrativa. Revista Fluminense de Odontologia. 2022; 2 (61): 1 - 12. DOI: 10.22409/ijosd.v2i61.56296.
12. P3dmed.com.br. O que é um guia cirúrgico em implantodontia? Available at: <https://www.p3dmed.com.br/post/o-que-%C3%A9-guiacir%C3%BArgico-em-implantodontia>. Acessado em 17 de outubro de 2023.

13. Revistaimplantnews.com.br. O básico da confecção de um guia cirúrgico. Available at: <https://revistaimplantnews.com.br/o-basico-da-confeccao-de-um-guia-cirurgico/>. Acessado em 17 de outubro de 2023.
14. Benazzi S, Fiorenza L, Kozakowski S, Kullmer O. Comparing 3D virtual methods for hemimandibular body reconstruction. *Anat Rec*. 2011, 294: 1116-25. DOI: <https://doi.org/10.1002/ar.21410>.
15. Meurer E, De Oliveira MG, Meurer MI, Silva JVL, Bárbara AS, Heitz C. Os biomodelos de prototipagem rápida em cirurgia e traumatologia bucomaxilofacial. *Rev Bras Cir Per*. 2007; 1. 172-80.
16. Tenório JR, Souza ES, Gerbi MEM, Vasconcelos BCE. Prototipagem e cirurgia guiada em implantodontia: revisão de literatura. *RFO UPF*. 2015; 20 (1): 110-4.
17. Gargallo-Albiol J, Barootchi S, Salomó-Coll O, Wang H. Advantages and disadvantages of implant navigation surgery. A systematic review. *Annals of Anatomy*. 2019; (225):1–10. DOI: 10.1016/j.aanat.2019.04.005.
18. Graf, T., Keul, C., Wismeijer, D., & Güth, J. F. Time and costs related to computer-assisted versus non-computer-assisted implant planning and surgery. A systematic review. *Clinical oral implants research*. 2021; (21) 303–17. DOI: 10.1111/clr.13862
19. Özalp Ö, Tezerişener HA, Kocabalkan B, Büyükkaplan UŞ, Özarslan MM, Şimşek Kaya G, et al. Comparing the precision of panoramic radiography and cone-beam computed tomography in avoiding anatomical structures critical to dental implant surgery: a retrospective study. *Imaging Sci Dent*. 2018; 48(4):269-75. doi: 10.5624/isd.2018.48.4.269.
20. POLIDO, D.W. Moldagens digitais e manuseio de modelos digitais: o futuro da Odontologia. *Dental Press J Orthd*. 2010; 15, (5):18-22.
21. Kernen F, Kramer J, Wanner L, Wismeijer D, Nelson K, Flugge T. A review of virtual planning software for guided implant surgery -data import and visualization, drill guide design and manufacturing. *BMC Oral Health*. 2020, 10: 251.
22. BÖCKMANN, S. T. O avanço da tecnologia de escaneamento intraoral e as diferentes técnicas convencionais de moldagem elastomérica em próteses fixas sobre dentes: uma revisão de literatura. Tese (Trabalho de conclusão de curso) – Faculdade de Odontologia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2016.
23. Mendes EP, Amorim LS, Lessa ÂG. Workflow digital na implantodontia, do planejamento cirúrgico. *PubMed, Id on Line Rev. Mult*. 2019. 1145-160.
24. Cappare P, Sannino G, Minoli M, Montemezzi P, Ferrini F. Conventional versus digital impressions for full arch screw-retained maxillary rehabilitations: a

- randomized clinical trial. *Int J Environ Res Public Health*. 2019; 16(5):829. doi: 10.3390/ijerph16050829.
25. Sawase T, Kuroshima S. The current clinical relevancy of intraoral scanners in implant dentistry. *Dent Mater J*. 2020; 39(1):57-61. doi: 10.4012/dmj.2019-285.
26. Vermeulen J. The Accuracy of implant placement by experienced surgeons: guided vs freehand approach in a simulated plastic model. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 2017; 32(3):617–24. doi: 10.11607/jomi.5065.
27. Schneider D, Sax C, Sancho-Puchades M, Hämmerle CHF, Jung RE. Accuracy of computer-assisted, template-guided implant placement compared with conventional implant placement by hand-an in vitro study. *Clin Oral Implants Res*. 2021; 32(9):1052-60. doi: 10.1111/clr.13799.
28. Lima RSP, Lima GSP, Sendyk WR, Reis FCS, Massuda CKM, Marão HF. Instalação de implantes utilizando a técnica tradicional vs a guiada: relato de caso. *E-Acadêmica*. 2022. 3;3(3):e4233328.