



CURSO BACHARELADO EM ODONTOLOGIA

GUSTAVO POLETTO

**CIRURGIA GUIADA EM IMPLANTODONTIA: DO
PLANEJAMENTO VIRTUAL À SUA EXECUÇÃO**

Apucarana

2024

GUSTAVO POLETTTO

**CIRURGIA GUIADA EM IMPLANTODONTIA: DO
PLANEJAMENTO VIRTUAL À SUA EXECUÇÃO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Bacharelado em Odontologia da Faculdade de Apucarana – FAP, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Odontologia.

Orientador: Prof. Esp. Victor Augusto Gonçalves

Apucarana

2024

GUSTAVO POLETTO

**CIRURGIA GUIADA EM IMPLANTODONTIA: DO
PLANEJAMENTO VIRTUAL À SUA EXECUÇÃO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Bacharelado em Odontologia da Faculdade de Apucarana – FAP, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Odontologia, com nota final igual a _____, conferida pela Banca Examinadora formada pelos professores:

COMISSÃO EXAMINADORA

Prof. Esp. Victor Augusto Gonçalves
Faculdade de Apucarana

Prof. Esp. Pâmela Rafaela Bertasso
Faculdade de Apucarana

Prof. Esp. João Ferreira da Silva Neto
Faculdade de Apucarana

Apucarana, ____ de _____ de 2024.

AGRADECIMENTOS

À minha avó, Nilse Lucila Bagatini, por destinar grande apoio na conclusão desse curso, que, mesmo longe, não mediu esforços para ajudar sempre que pudesse.

Ao meu avô, Arlindo Bagatini, que infelizmente não pode presenciar minha graduação, por não estar mais entre nós.

Aos meus pais, Viviani Bagatini Poletto e Luciano José Poletto, que, em tempos difíceis, conseguiram sustentar todo alicerce de nossa família, provendo amor e o apoio necessário.

À Julia Poletto, por ser a melhor irmã que eu poderia pedir. Com sua grande ajuda, pude realizar esse trabalho da melhor maneira. Alguém que se preocupa em fazer a melhor ciência e difundir conhecimento para o máximo de pessoas que conseguir. É a melhor pesquisadora que eu conheço.

Ao professor e orientador Victor Augusto Gonçalves, que colaborou grandemente na realização de todas as etapas desse trabalho, destinando seu tempo a qualquer momento que fosse necessário.

Aos meus amigos, que mantiveram o bom humor mesmo em tempos estressantes.

POLETTTO, Gustavo. **Cirurgia guiada em implantodontia**: do planejamento virtual à sua execução. 56 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Monografia). Bacharelado em Odontologia. Faculdade de Apucarana – FAP. Apucarana-PR, 2024.

RESUMO

O correto posicionamento do implante dentário é essencial para que seja obtido sucesso no tratamento odontológico, tanto em estética quanto em função e sobrevivência a longo prazo. Com o auxílio de softwares de planejamento virtual, é possível prever a posição ideal do implante tridimensionalmente, evitando iatrogenias em estruturas vitais, suprimindo a necessidade do elemento dentário implantado e favorecendo a estabilidade dos tecidos periimplantares. Desse planejamento, que necessita de dados tomográficos e/ou intraorais, é fabricado um guia cirúrgico, tanto em sistemas CAD/CAM quanto em estereolitografia, que será usado como referência para que o cirurgião-dentista insira o implante na posição planejada (cirurgia guiada estática), além de tornar possível a realização de cirurgias com auxílio de sistemas de navegação (cirurgia guiada dinâmica). Sob essa ótica, o presente trabalho tem como objetivo entender como é feito o planejamento e a execução de uma cirurgia guiada. Para isso, dissertou sobre todas as etapas do planejamento virtual, desde a obtenção de dados até a execução do procedimento, erros que possam acontecer durante seu planejamento e vantagens e desvantagens de sua aplicação, objetivando responder o seguinte problema de pesquisa: Como é feita a execução do planejamento virtual de uma cirurgia guiada na implantodontia? Com base nisso, foi realizado uma pesquisa bibliográfica em base de dados PubMed (MedLine), utilizando os termos de pesquisa (computer-guided implant surgery) AND (digital workflow), na faixa de tempo de 2015-2024. A análise na literatura demonstrou que, quando o planejamento é feito de maneira correta, é possível atingir uma precisão acima do tratamento convencional no procedimento cirúrgico guiado. Resultou em um maior conforto pós-operatório, menor chance de intercorrências, melhor estética e maior previsibilidade. Esse tema ainda é pouco explorado na graduação em Odontologia, o que é preocupante, tendo em vista o avanço tecnológico exponencial que essa área vem recebendo nos últimos anos, que só tem a colaborar para a prática clínica e na reabilitação de elementos dentários perdidos.

Palavras-chave: Implantodontia. Cirurgia guiada. Planejamento virtual.

POLETTTO, Gustavo. **Guided surgery in implantology**: from virtual planning to execution. 56 p. Work (Monograph). Bachelor's in Dentistry. FAP – College of Apucarana. Apucarana-PR. 2024.

ABSTRACT

The correct placement of a dental implant is essential for achieving a successful dental treatment, both in terms of aesthetics, function and long-term survival. With the help of virtual implant planning software, it is possible to predict the ideal implant position in a three-dimensional way, preventing iatrogenic lesions to vital structures, meeting the needs of the dental implant surgery and promoting the stability of peri-implant tissues. From this planning, which requires tomographic and/or intraoral data, a surgical guide is created, either using CAD/CAM systems or stereolithography, which will be used as a reference for the dentist to place the implant in the desired position (static guided surgery), as well as enabling implant surgery with the help of navigation systems (dynamic guided surgery). From this perspective, the present study aims to understand how the planning and execution of guided surgery are carried out. To achieve this, the study discussed all stages of virtual planning, from data collection to the execution of the guided surgery, potential errors that might occur during planning and the advantages and disadvantages of the procedure, with the objective of answering the following research question: How is the virtual planning of a guided implant surgery executed? Based on this, bibliographic research was carried out in the PubMed (MedLine) database, using the search terms (computer-guided implant surgery) AND (digital workflow), within the years 2015 to 2024. The analysis of the published literature demonstrated that, when planning is carried out the right way, it is possible to achieve greater accuracy than conventional implant treatment in guided surgery procedures. Moreover, it increases postoperative comfort, lowers the chance of complications, gives better dental aesthetics and enhances predictability. This topic is still unexplored in dental schools which is concerning given the exponential technological benefits advancements this field has experienced in the last years, advancements that only contribute to clinical practice and rehabilitation of lost dental elements.

Keywords: Implantology. Guided surgery. Digital workflow.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Tomografia computadorizada	21
Figura 2 – Tomografia computadorizada com artefato	24
Figura 3 – Sobreposição de dados	25
Figura 4 – Planejamento virtual de implantes dentários	27
Figura 5 – Guia cirúrgico	31
Figura 6 – Guia cirúrgico dentossuportado posicionado em boca	31
Figura 7 – Cirurgia <i>flapless</i>	34

LISTA DE SIGLAS

CAD/CAM	Computer-Aided Design/Computer-Aided Manufacturing
TCCB	Tomografía Computadorizada Cone Beam
CT	Tomografía Computadorizada
CAS	Cirugía Asistida por Computador
SLA	Estereolitografía
DICOM	Digital Imaging and Communications
STL	Standard Triangle Language

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	10
2	OBJETIVOS	13
2.1	Objetivo Geral	13
2.2	Objetivos Específicos	13
3	REVISÃO DE LITERATURA	14
3.1	História dos implantes dentários	14
3.2	Osseointegração	15
3.2.1	Fisiologia celular e molecular da osseointegração	15
3.3	Cirurgia de implantes dentários: do convencional ao guiado	17
3.4	Tomografia computadorizada	19
3.5	Planejamento virtual na implantodontia	21
3.5.1	Coleta de dados tomográficos e do escaneamento intraoral	22
3.5.2	Processamento dos dados tomográficos e do escaneamento intraoral	24
3.5.3	Planejamento virtual e produção do guia cirúrgico	25
3.6	Cirurgia guiada: conceitos, tipos e vantagens na prática clínica	28
3.7	Cirurgia <i>flapless</i> e suas consequências pós-operatórias	32
4	METODOLOGIA	35
4.1	Elaboração da pergunta norteadora	35
4.2	Busca ou amostragem na literatura	35
4.3	Critérios de inclusão e exclusão	35
4.4	Seleção de artigos	36
4.5	Aspectos éticos	36
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	37
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	49
	REFERÊNCIAS	50

1 INTRODUÇÃO

Desde a idade antiga, a perda dentária foi uma grande ameaça para os seres humanos, já que, a incapacidade de se alimentar propriamente numa época em que os alimentos eram pouco processados e bastante fibrosos e duros, era praticamente uma sentença de morte. Civilizações antigas, como as egípcias e sul-americanas, já se aventuravam na fabricação de “implantes” para substituir dentes perdidos, utilizando dentes de animais ou marfim esculpido. Os métodos de reabilitação dentária evoluíram muito ao passar dos tempos, já que, previamente, os “implantes” eram geralmente perdidos em meses, por infecção ou afrouxamento, já que os parâmetros de biossegurança dessa época não eram tão bem consolidados (Block, 2018).

Na busca da maneira ideal de substituir um elemento dentário, a implantodontia surge com a necessidade de restaurar função e estética dos pacientes da melhor maneira possível, e para isso, a correta execução do tratamento só pode ocorrer por meio de um correto planejamento (Unsal; Turkyilmaz; Lakhia, 2020).

O planejamento na fixação do implante foi facilitado por avanços tecnológicos recentes, como o uso da tomografia computadorizada cone beam (TCCB), softwares de planejamento tridimensionais e guias cirúrgicos confeccionados utilizando sistemas CAD/CAM (*computer-aided design/computer-aided manufacturing*). Estes viabilizam a cirurgia guiada por computador, que tem como grande vantagem a instalação de implantes na posição ideal, tanto óssea, quanto da futura prótese que substituirá o dente (Unsal; Turkyilmaz; Lakhia, 2020).

Com a introdução no meio odontológico da cirurgia guiada e do uso de guias cirúrgicos, tornou-se possível a realização de procedimentos minimamente invasivos, como a cirurgia de implante sem retalho (*flapless*), que foi sugerido ser mais vantajosa ao paciente, tanto durante o ato cirúrgico quanto no pós-operatório (Laleman *et al.*, 2016).

Cada passo na cirurgia guiada, do planejamento a execução, interfere na precisão do posicionamento do implante, fundamental para o sucesso da reabilitação protética. Erros podem acontecer em qualquer uma das etapas, tanto pré-operatórias quanto durante o ato cirúrgico, podendo afetar o prognóstico do tratamento, levando em consideração que desvios no momento da fixação do implante são suficientes para causar intercorrências significativas ao paciente durante e após o tratamento, permanentes ou transitórias (Liu *et al.*, 2022).

Complicações sérias podem ser minimizadas ou extinguidas pela cirurgia guiada, tendo em vista que é possível visualizar estruturas nobres antes da fixação do implante no tecido duro, além de poder evitar que técnicas mais complexas de enxertia e regeneração tecidual sejam feitas, acarretando custos mais elevados ao paciente (Tatakis; Chien; Parashis, 2019).

Dessa maneira, este trabalho tem como objetivo entender como é feito o planejamento virtual de uma cirurgia guiada na implantodontia. Uma vez exposto os problemas e pressupostos da pesquisa, o que se pretende responder por meio desse estudo é: Como é feita a execução do planejamento virtual de uma cirurgia guiada na implantodontia?

O presente estudo foi elaborado considerando a grande revolução que a implantodontia gerou na reabilitação protética, fornecendo próteses fixas ao paciente que, outrora, tinha acesso restrito às próteses removíveis. Sua implementação na Odontologia aumentou o conforto ao paciente e diminuiu a incidência de exodontias desnecessárias, usualmente realizadas no passado para a instalação de próteses totais. Essa especialidade odontológica não se manteve estática, evoluindo com a tecnologia, tornando possível uma melhor previsibilidade do tratamento, grande parte pelo planejamento digital e pela elaboração de guias cirúrgicos, que orientam as fresas do implante na posição ideal óssea, além de auxiliar no posicionamento ideal da peça protética. Esse conhecimento tão restrito entre docentes e profissionais possui grande valor para o tratamento do paciente, quanto ao tempo de cirurgia, estética, conforto pós-operatório e prognóstico, e para o operador, quanto ao risco reduzido de iatrogenias.

Com isso em mente, foi realizada uma revisão integrativa de natureza qualitativa. Para o correto embasamento científico nessa análise de dados, foi pesquisado, de forma minuciosa, artigos em base de dados PubMed (MedLine), abrangendo o período de 2015 a 2024. Estes, por sua vez, foram comparados com o que foi discutido na fundamentação teórica, mostrando inovações, correlacionando o que era embasado pelos autores e contrariando o que não era.

Não obstante, a fundamentação teórica foi estruturada da seguinte maneira: no primeiro capítulo, será abordado a história dos implantes dentários. O segundo capítulo explica o conceito de osseointegração. O terceiro capítulo disserta sobre a cirurgia de implantes dentários convencional e guiada. O quarto capítulo procura explicar sobre a tomografia computadorizada. O quinto capítulo aborda o

planejamento virtual e a produção do guia cirúrgico na implantodontia. O sexto capítulo enfoca em conceitos, tipos e vantagens da cirurgia guiada para o cirurgião-dentista. Concluindo, o sétimo capítulo versa sobre a técnica cirúrgica do tipo *flapless* e suas consequências pós-operatórias.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Entender como é feito o planejamento de uma cirurgia guiada na implantodontia.

2.2 Objetivos Específicos

Explicar o início da implantodontia, bem como as diferenças de sua técnica convencional e digital;

Entender o planejamento virtual na implantodontia;

Elucidar os conceitos de uma cirurgia guiada, como é realizada, quais tipos, vantagens e riscos e como os prevenir;

Compreender os tipos de guia cirúrgico quanto ao tipo de suporte, a forma que é posicionado e o material empregado em sua produção;

Apresentar como é feita uma cirurgia do tipo *flapless*, suas vantagens e limitações.

3 REVISÃO DE LITERATURA

Nesta seção, foram abordados os trabalhos mais recentes na literatura científica, no assunto de cirurgia guiada voltado à implantodontia, mostrando a história da implantodontia e sua conexão direta com a osseointegração, comparações com o método convencional, como é feito o planejamento virtual e suas etapas, como é feita uma cirurgia *flapless*, e, dentro de todos esses temas, suas desvantagens, vantagens, erros e limitações. Para isto, foi realizado um levantamento de artigos destes temas até no máximo 10 anos, na faixa de 2014-2024, nas bases de dados PubMed (MedLine), ScienceDirect, Wiley Online Library e MDPI.

3.1 História dos implantes dentários

Bosshardt, Chappuis e Buser (2017) atestam que o grande avanço que cunhou a fundação do que é a implantodontia moderna se deu início no final da década de 1960 e começo da década de 1970, por meio de esforços exercidos principalmente pelos professores Per-Ingvar Brånemark e André Schroeder, na pesquisa de aposição óssea na superfície de titânio, um fenômeno que foi posteriormente chamado por eles de “osseointegração”.

Buser, Sennerby e Bruyn (2017) adicionam ainda que Brånemark e Schroeder estavam liderando um time de pesquisadores, que foram responsáveis por estabelecer a base científica da implantodontia moderna, por intermédio de muitos estudos clínicos e pré-clínicos sobre o assunto recentemente descoberto. Um fato curioso é que tanto Brånemark quanto Schroeder não se conheciam, dado o fato que não eram do mesmo país e trabalharam independentemente, por terem publicado apenas em jornais científicos locais.

Como é citado por Bosshardt, Chappuis e Buser (2017), o próximo grande avanço da implantodontia ocorreu na metade da década de 1980 até a década de 2000, quando o tratamento com implantes dentários expandiu para englobar também os pacientes parcialmente edêntulos, visto que publicações recentes naquela época indicavam que era possível obter resultados favoráveis nessa modalidade de tratamento, gerando, de forma conjunta, uma demanda por próteses esteticamente favoráveis, incentivando mais pesquisas clínicas que melhorassem a condição dos tecidos moles e duros que iriam receber o implante, além da indústria que, para atingir

essa demanda estética, iniciou a pesquisa e a produção de um número diferenciado de componentes protéticos, como pilares angulados e pilares estéticos.

Após 2000 e até o presente momento, os esforços em pesquisa se voltaram ao ajuste fino, com o objetivo de otimizar a implantodontia, reduzindo morbidade e atingindo sucesso nos quesitos estético, fonético e funcional da prótese (Bosshardt; Chappuis; Buser, 2017).

3.2 Osseointegração

Como é apontado por Gugliemotti, Olmedo e Cabrini (2019), o termo “osseointegração”, fenômeno biológico de importância não só na implantodontia como em outras especialidades médicas, foi descrito, no início da concepção, como uma conexão direta estrutural e funcional entre tecido ósseo com vitalidade e a superfície de um implante, sem que tenha movimento progressivo entre o implante e o osso que está em contato direto. O termo, inicialmente versado aos implantes de titânio, na atualidade pode ser usado em qualquer biomaterial que possua a capacidade de se osseointegrar, como por exemplo, implantes cerâmicos que podem ser utilizados como substitutos ósseos.

Para Badenes-Catalán e Pallarés-Sabater (2021), a estabilidade do implante dentário é definida como a ausência de movimento após sua fixação cirúrgica, separada em dois momentos: a estabilidade primária, que consiste na pressão exercida pelo implante quando inserido no alvéolo dentário e dura apenas o tempo necessário para os osteoclastos induzirem a reabsorção óssea, que leva apenas alguns dias, e a estabilidade secundária, que cobre o período depois da remodelação óssea na superfície do implante, ou seja, o início do processo de osseointegração.

3.2.1 Fisiologia celular e molecular da osseointegração

Em nível celular e molecular, a fisiologia da osseointegração é apresentada por Pandey, Rokaya e Bhattarai (2022) da seguinte maneira: o implante é inserido no osso e em seguida uma camada de água se forma, facilitando a absorção de proteínas e outras moléculas essenciais, e logo depois, nos próximos 30 segundos ou várias horas, uma matriz intercelular de proteínas, proveniente inicialmente do fluido intersticial e sangue e posteriormente de atividade celular, criam uma camada que

abrange a superfície do implante dentário, tendo seu formato ditado pela estrutura, composição e inclinação pelo tipo de superfície. Essa camada de proteína formada na superfície do implante dentário promove alguns fenômenos, como adesão celular, migração e diferenciação celular, ajudando na interação de células com a superfície do implante por várias horas ou dias.

Feller *et al.*, (2014) disserta que, embora as células do microambiente periimplantar interajam mais com a camada proteica formada do que com a superfície do implante, as características de sua superfície, como rugosidade, porosidade e espessura da camada de óxido de titânio irão determinar o perfil molecular da camada de proteínas adsorvida, características estas que irão influenciar na natureza da precipitação mineral óssea na superfície do implante.

Quando em contato com a camada de proteína adsorvida, células ósseas diferenciadas secretam proteínas morfogenéticas ósseas, como a osteopontina e sialoproteína óssea, que provém um meio de anexo de osteoblastos, que, adjacentes a essa matriz livre de colágeno, formam uma matriz de colágeno orgânica que se ossifica. É sugerido que o osso se desenvolve nas irregularidades da superfície do implante de titânio, estabelecendo uma conexão mecânica entre o osso e o implante (Feller *et al.*, 2014).

Adicionando ao que foi dito por Pandey, Rokaya e Bhattarai (2022), Alghamdi e Jansen (2020) sugerem que, modificar a superfície do implante é considerado como um fator importante na melhora da osseointegração, acelerando a interação do fluido intersticial e celular, promovendo uma melhor regeneração dos tecidos peri-implantares. Feller *et al.*, (2014), além de concordar com Pandey, Rokaya e Bhattarai (2022) na melhora da osseointegração com preparo da superfície do implante, cita ainda alguns exemplos de modificações, como proteínas ósseas morfogênicas e fatores de crescimento derivados de plaquetas.

Nas palavras de Feller *et al.*, (2015), implantes moderadamente irregulares, “ásperos”, com uma topografia microestrutural complexa, possuem a capacidade de induzir e regular expressões de específicas subunidades integrinas da membrana celular dos osteoblastos, que estão em contato com o implante dentário. Por consequência, proteínas da matriz óssea interagem com essas integrinas, mediando a atividade osteoblástica, responsável pela aposição óssea, e, durante a regeneração do osso peri-implantar, essas mesmas células integrinas, presentes em osteoblastos maduros, estimulam a produção de fatores angiogênicos por meio de sinais celulares,

sendo estes: fator de crescimento vascular endotelial e fator de crescimento fibroblástico de forma autocrina (o sinal age sobre a célula que o emitiu), mediando a neoangiogênese, que nada mais é que a criação de novos vasos sanguíneos a partir dos já existentes.

Pela necessidade de investigar como o tabagismo, presente em larga escala em nossa sociedade, interfere no processo de osseointegração, Badenes-Catalán e Pallarés-Sabater (2021) sugerem, em seu estudo, que tabagistas tiveram uma pior estabilidade secundária do implante do que pacientes não tabagistas, grandemente pela citotoxicidade absurda de diferentes componentes do tabaco (nicotina, monóxido de carbono e cianeto de hidrogênio). Estes compostos tiveram um impacto negativo no processo inflamatório envolvido na osseointegração do implante dentário, tendo em vista que o tabagismo induz um maior nível de catecolaminas, fibrinogênio e carboxiemoglobina, que por sua vez aumentam a adesão de plaquetas e afetam a função celular polimorfonuclear, diminuindo a vasodilatação e perfusão celular, resultando em uma pior regeneração tecidual.

3.3 Cirurgia de implantes dentários: do convencional ao guiado

Segundo Unsal, Turkyilmaz e Lakhia (2020), a perda de um dente tem um impacto em todo sistema estomatognático, abrangendo mudanças oclusais, força mastigatória descompensada e extrusões dentárias são alguns dos inúmeros problemas causados por essa condição. Neste contexto, substituir dentes perdidos por restaurações suportadas por implante é um tratamento grandemente aceito, e sua implementação não é tão recente, tendo sido introduzido em 1980 (Bassir *et al.*, 2019).

Como aponta Rodrigues *et al.*, (2023) a quantidade e qualidade óssea, considerando sua morfologia e densidade, prediziam unicamente o sucesso da osseointegração dos implantes dentários. Com avanços em pesquisa, o planejamento reverso utilizado na implantodontia guiada conseguiu prever o posicionamento da prótese e conseqüentemente se tornou crucial para o sucesso da implantodontia atual. Dessa forma, para conseguir transferir esse planejamento para a boca do paciente, o desenvolvimento de guias cirúrgicos foi essencial.

Para Dioguardi *et al.*, (2023) um implante realizado com sucesso deve ter alguns requisitos básicos: não causar reações alérgicas, tóxicas ou infecciosas, oferecer ancoragem para a prótese, não mostrar sinais de fratura ou flexão, não

evidenciar mobilidade quando verificado por movimentos manuais do operador e não expor sinais de radiolucência numa radiografia intraoral utilizando a técnica radiográfica periapical do paralelismo perpendicular a superfície do implante.

Visando atingir a melhor estética, funcionalidade e menor complicação pós-operatória, é crucial que o implante seja posicionado adequadamente, e para isso, a tomografia computadorizada cone beam (TCCB) é uma ferramenta de diagnóstico de imagem fundamental, que além de ser utilizada para avaliar a morfologia óssea, é útil em visualizar proximidades com estruturas nobres que não podem ser lesadas. Além disso, quando incorporadas a escaneamentos digitais intra ou extraorais, permitem que seja feito um planejamento virtual para o posicionamento ideal do implante e que favoreça o desenho da futura prótese, sendo mais previsível e menos invasivo (Siqueira *et al.*, 2020).

No entanto, esta modalidade radiológica é indicada apenas em casos que as radiografias convencionais bidimensionais intraorais e extraorais não são suficientes para um bom planejamento, devido à exposição do paciente a altas doses de radiação, sendo então, considerada uma modalidade radiográfica complementar, como é citado por Bornstein, Horner e Jacobs (2017), explicando que, quando a radiografia convencional falha em demonstrar estruturas anatômicas importantes, como nervos, vasos sanguíneos, raízes, seios paranasais, volume ósseo, estrutura e densidade, deve ser indicado o exame tomográfico.

Até o ano de 2000, o planejamento de implantes dentários era baseado em exame clínico, modelos de estudo e radiografias 2d, porém, seu uso era limitado em casos específicos, principalmente por tamanho restrito de filme radiográfico, distorção ou magnificação de imagem e ausência de visualização tridimensional (Tai; Tatakis; Chien, 2014).

É ainda citado por Tai, Tatakis e Chien (2014) que, com a chegada de técnicas radiográficas avançadas, como a tomografia computadorizada cone beam (TCCB), informações do sistema estomatognático poderiam ser obtidas com mais fidedignidade, além de tornar possível a implantação de sistemas de planejamento virtual. Além disso, Tai, Tatakis e Chien (2014) corroboram com o que foi postulado por Bornstein, Horner e Jacobs (2017) no que se refere ao risco cancerígeno induzido pela exposição à radiação nesse tipo de exame radiográfico, sobretudo em pacientes que foram submetidos na adolescência e infância.

Tatakis, Chien e Parashis (2019) apontam que a introdução de softwares de

planejamento virtual foi um grande marco na implantodontia, levando em consideração tanto o desejo protético para ser alcançado com o tratamento e as estruturas vitais que devem ser evitadas, viabilizando, quando aliado à tomografia computadorizada, a criação de guias cirúrgicos individualizados para o paciente, que guiam a fresa do implante no posicionamento planejado, tanto em posição quanto em angulação e profundidade, fabricados com prototipagem rápida ou tecnologias de estereolitografia.

O trabalho de Orentlicher, Horowitz e Abboud (2015) respalda o que foi dito por Tatakis, Chien e Parashis (2019), em relação a porque a cirurgia guiada não foi adotada amplamente na comunidade, e a resposta é: tempo, de realizar todo planejamento e aprender como é feito, dinheiro, pelo investimento alto em maquinário, ou dependendo de laboratórios de prótese terceirizados e pela necessidade de realizar cursos de proficiência para realizar este tipo de planejamento, e medo, tanto da adoção de novas tecnologias, já que vários profissionais realizam implantes da maneira convencional e com resultados favoráveis, quanto no receio de “perder” pacientes, em função do custo ser ainda mais elevado.

Como é citado por Mistry *et al.* (2021), a grande expansão da implantodontia levou a um aumento do número de complicações, dentre elas: posicionamento não ideal do implante, ocasionando um posicionamento não ideal da prótese, danos às estruturas colaterais, como nervos e dentes adjacentes, podendo causar parestesia temporária ou crônica, com grandes consequências ao paciente, que não sentirá mais sensibilidade da região afetada.

Além de danos intraorais, Mistry *et al.* (2021) menciona em seu artigo um paciente que desenvolveu dor crônica neuropática, culminando em pensamentos suicidas, devido a uma iatrogenia a um nervo após uma cirurgia de implantes dentários. É evidente que o tratamento dentário não é limitado apenas a boca e, sim, as necessidades do paciente, de autoestima, de convívio social, objetivos que são atingidos com um planejamento preciso e seguro, aliado a tecnologia tomográfica e de escaneamento intraoral ou de bancada, evitando complicações mecânicas, técnicas e biológicas, melhorando o prognóstico.

3.4 Tomografia computadorizada

A radiografia é considerada a ferramenta diagnóstica mais utilizada na prática

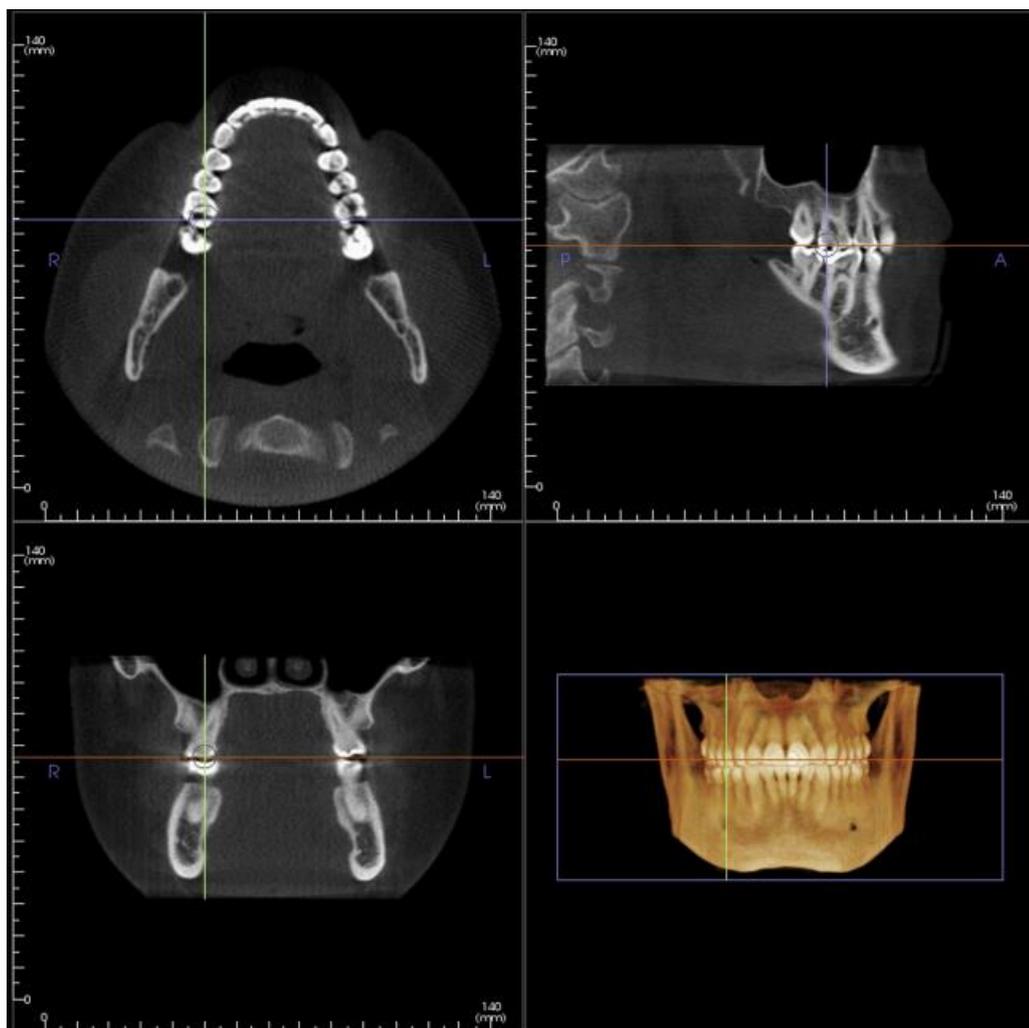
odontológica diária, tendo triunfante em seu aparato diagnóstico a tomografia computadorizada cone beam (TCCB), pela capacidade de demonstrar imagens tridimensionais de estruturas anatômicas e patologias relacionadas, que, de forma contrária, seriam inviáveis de serem visualizados por meios radiográficos bidimensionais. Os motivos principais do triunfo da TCCB são sua capacidade de evidenciar com boa precisão estruturas ósseas, além de não ter um custo tão elevado e uma emissão menor de radioatividade se comparado com a tomografia computadorizada (CT), mais visível em centros médicos (Jacobs *et al.*, 2018)

O funcionamento da TCCB, como descrito por Nasseh e Al-Rawi (2018) consiste em um scanner de imagem extraoral, especificamente projetado para imagens de cabeça e pescoço, que produz escaneamentos 3d do esqueleto maxilofacial, envolvendo, em seu maquinário, uma unidade que pode ser comparada em tamanho com uma máquina radiográfica panorâmica convencional.

Ainda, Nasseh e Al-Rawi (2018) descrevem que as máquinas cone-beam utilizam raios-x na forma de um cone largo cobrindo a superfície da cabeça que irá ser examinada, e, tendo em vista que o feixe cônico irradia em uma área de grande volume ao contrário de uma camada fina, a máquina não precisa rotacionar várias vezes, rotacionando uma única vez, dando a informação necessária para a reconstrução da região de interesse. Dessa forma, é obtido uma imagem 2d reconstruída em todos planos e reconstrução em 3d com um pequeno nível de exposição à radiação.

Quanto ao planejamento de implantes dentários, Hayashi *et al.* (2018) cita que a TCCB é uma ferramenta efetiva, permitindo que seja visualizado estruturas anatômicas e achados inesperados, como osteomielite, osteoporose e sinusite maxilar, que devem ser tratados antes da cirurgia. Hayashi *et al.* (2018) ainda disserta que, se nenhuma lesão for encontrada, a cirurgia pode ser planejada, com cuidado redobrado na checagem da posição das seguintes estruturas anatômicas: canal mandibular, forame lingual, artéria submentoniana, artéria sublingual, caminho da ramificação do nervo alveolar superior posterior pelo canal incisivo e base do seio maxilar e o caminho das ramificações do nervo alveolar superior anterior próximo ao incisivo maxilar. Todos esses fatores devem ser levados em conta ao planejar e angular a fixação do implante dentário.

Figura 1 – Tomografia computadorizada



Fonte: Mora, Chenin e Arce (2014).

3.5 Planejamento virtual na implantodontia

Scolozzi *et al.* (2023) observaram que, nas duas últimas décadas, o método convencional da cirurgia de implantes dentários foi agraciado por uma progressão abrupta em tecnologias de obtenção de imagem e médica, dando início ao uso de cirurgia assistida por computador (CAS), tanto estática quanto dinâmica.

Na CAS dinâmica, o cirurgião-dentista lança mão de sistemas de navegação cirúrgica para rastrear a localização tridimensional da fresa do implante, atualizadas em tempo real, por meio de uma tecnologia chamada de *optical tracking*, que necessita da montagem de um quadro de referência dinâmico intraoralmente, que pode ser fixado de forma invasiva no osso ou montado num molde fixo, para acompanhar o movimento da cabeça do paciente, que será gravado durante a cirurgia

inteira por uma câmera estereoscópica (Vercruyssen *et al.*, 2014).

Além disso, Vercruyssen *et al.* (2014) disserta que, na CAS estática, para que o implante seja posicionado na posição ideal tanto anatômica quanto protética, é possível utilizar a técnica de escaneamento tomográfico único, onde é necessário o preparo de uma prótese específica, performando a cópia com resina radiopaca e realizando a tomografia.

Também, Vercruyssen *et al.* (2014) cita a técnica de escaneamento tomográfico duplo, onde é confeccionada uma prótese com marcadores de guta-percha, que serão escaneados duas vezes, uma com a prótese em boca e a outra apenas da prótese, fusionando-os.

É evidente, como citado por Panchal *et al.* (2019), que o aumento da popularidade da CAS, versada no diagnóstico e planejamento tridimensional, permita que o cirurgião-dentista visualize as limitações da cirurgia convencional, superando-as.

Ainda, segundo Scolozzi *et al.* (2023), um guia cirúrgico para implantes dentários impresso em tecnologia de estereolitografia (SLA) esteve associado a uma maior precisão e confiabilidade em comparação com a técnica convencional, não guiada, especialmente em reabilitações parciais edêntulas em maxila anterior, considerada pelos autores como a indicação principal para a cirurgia guiada na implantodontia.

O planejamento virtual na implantodontia é separado em coleta dos dados/arquivos da tomografia computadorizada (geralmente do tipo TCCB), coleta dos dados do escaneamento intraoral ou de modelos de gesso, do processamento desses dados e a produção do guia cirúrgico propriamente dito. Com esse guia, é feita a técnica cirúrgica estática (Schubert *et al.*, 2019).

3.5.1 Coleta de dados tomográficos e do escaneamento intraoral

Para obtenção dos dados anatômicos, é requisitado ao paciente realizar uma tomografia computadorizada, geralmente do tipo TCCB, que é convertida em um arquivo denominado DICOM (*Digital Imaging and Communications in Medicine*), manipulável no computador, e um arquivo de formato STL (*Standard Triangle Language*), que é obtido por escaneamento de modelo de estudo do paciente ou intraoral, visto que, o modelo virtual reconstruído pela TCCB não evidencia os dentes

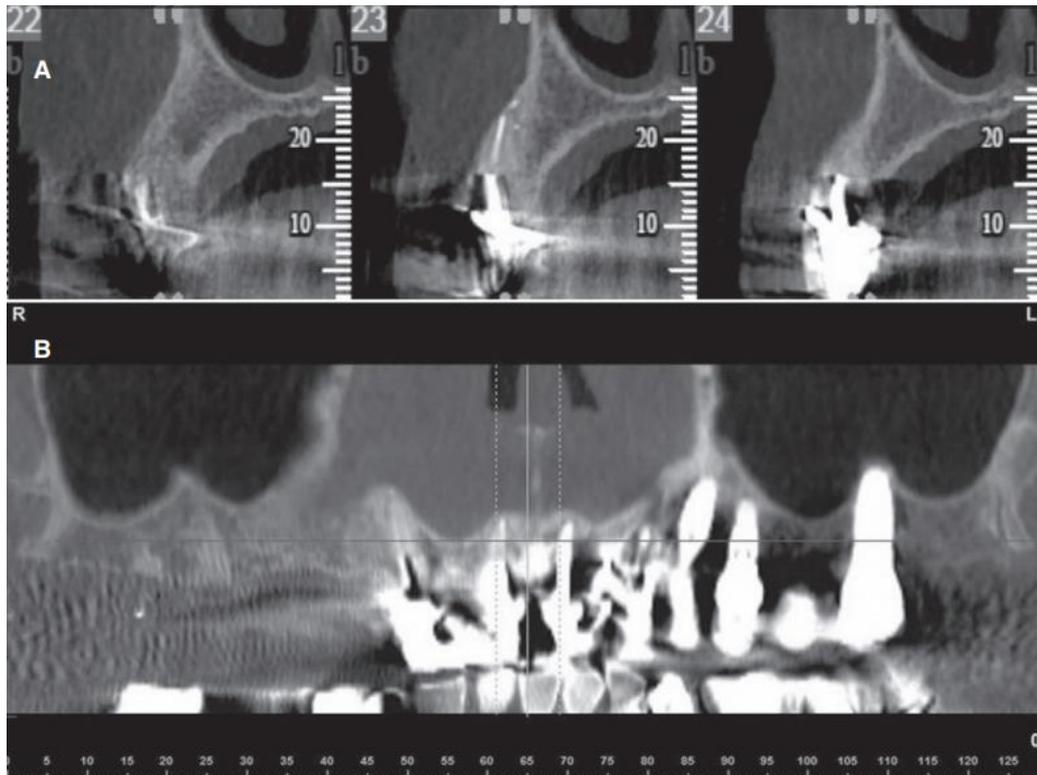
de uma maneira precisa o suficiente para elaborar um guia de perfuração (Flügge *et al.*, 2017).

Como aponta Schubert *et al.* (2019), para o correto registro do arquivo STL, o campo de visão, que seriam os planos anatômicos da tomografia, devem ser colocados precisamente e com um tamanho adequado para capturar dados superponíveis suficientes, porém, essa etapa é altamente influenciada pelo técnico responsável, que se errar, poderá causar desvios inaceitáveis. Uma crítica quanto a capacidade da tomografia computadorizada de evidenciar a superfície dentária é feita por Kernen *et al.* (2020), principalmente na presença de restaurações dentárias, tendo em que vista que artefatos e erros de malha podem acontecer, não tornando possível a visualização das estruturas necessárias para o planejamento.

Bornstein, Horner e Jacobs (2017) explicam que, comparando-se com a tomografia computadorizada convencional *multi slice*, a tomografia computadorizada do tipo cone beam contém um potencial maior de diagnóstico e menor exposição à radiação, principalmente em gestantes. Laverty, Buglass e Patel (2018) propõem fatores que possam levar a erros na produção de guias cirúrgicos baseados em TCCB, e dificultar o tratamento, incluindo dano a estruturas vitais, como o nervo alveolar inferior e complicações, como a comunicação buco-sinusal. Dentre esses erros, é citado: qualidade do escaneamento, o tipo de software utilizado, os métodos de produção do guia cirúrgico, os materiais utilizados, a experiência do cirurgião-dentista com guias cirúrgicos e a habilidade manual de posicionar o guia de forma precisa no tecido remanescente (dentário, mucoso ou ósseo).

Em circunstâncias normais, o risco radioativo presente ao realizar radiografias dentárias é baixo, sendo maior em TCCB do que em radiografias convencionais (bidimensionais). Porém, o critério para a indicação desse tipo de procedimento diagnóstico deve ser bem avaliado, com benefícios claros ao paciente, sendo sugerida a TCCB somente em casos que o exame clínico e as radiografias intra e extraorais bidimensionais não foram suficientes para um diagnóstico satisfatório (Bornstein; Horner; Jacobs, 2017).

Figura 2 – Tomografia computadorizada com artefato

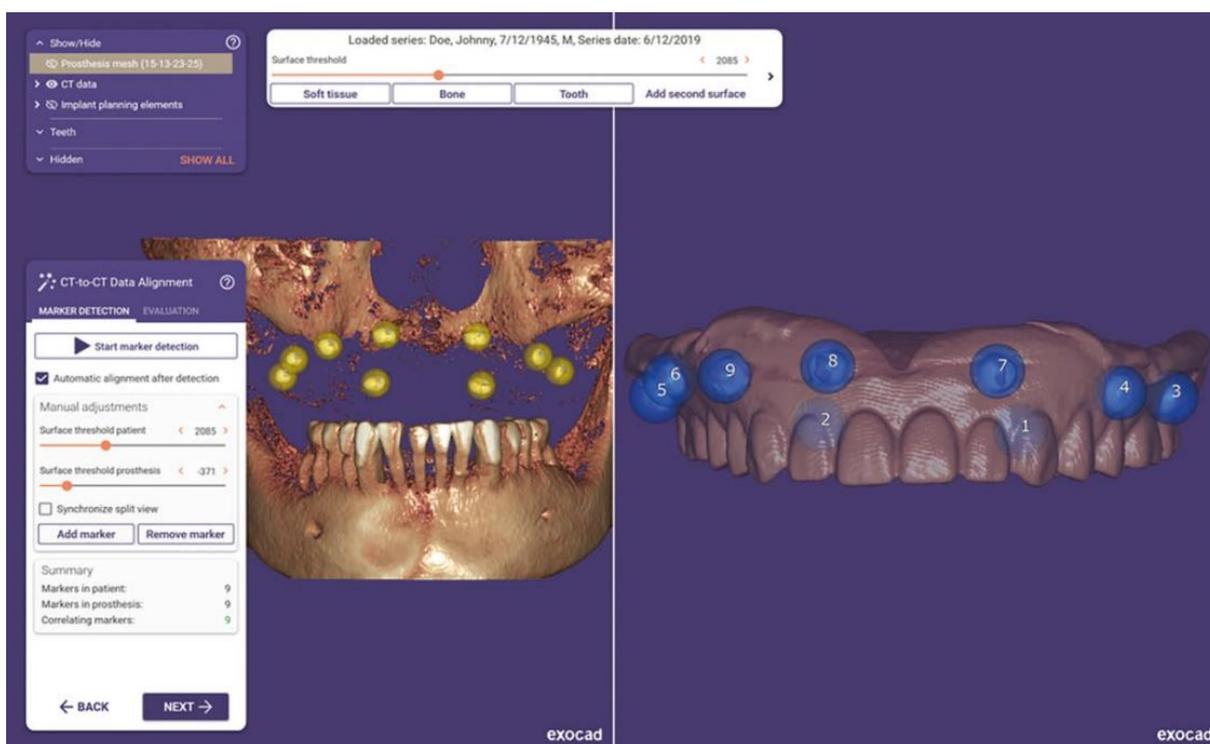


Fonte: Tatakis, Chien e Parashis (2019).

3.5.2 Processamento dos dados tomográficos e do escaneamento intraoral

Schubert *et al.* (2019) dissertam sobre a fusão dos dados, onde tanto o DICOM quanto o arquivo STL são importados para o software de planejamento e alinhados (sobreposição). Para isso, são marcados pontos semelhantes ou iguais nos arquivos obtidos, e o próprio software realiza o cálculo da união, caracterizado por um delineamento semelhante aos dentes, ou por cores semelhantes, além de que, quando há suspeita da confiabilidade da sobreposição, análises de erros e correções devem ser feitas para evitar complicações futuras, refazendo o alinhamento de dados até que fique preciso.

Figura 3 – Sobreposição de dados



Fonte: Nulty (2024).

3.5.3 Planejamento virtual e produção do guia cirúrgico

Como próximo passo, é realizado o planejamento da reabilitação protética prévia e dos implantes, onde é feito um enceramento virtual dos dentes no software de escolha, prevendo o local que a prótese irá ocupar no tratamento, como descrito por Schubert *et al.* (2019). O autor ainda cita que estruturas anatômicas importantes devem ser marcadas, como o nervo alveolar inferior, com uma margem de segurança de 1,5 mm. Os programas geralmente acompanham uma biblioteca de implantes, que será escolhida pelo cirurgião-dentista ou protético individualmente para o caso, e a necessidade de procedimentos adicionais, como enxertias ósseas ou levantamento de seio maxilar podem ser visualizados nesse momento e oferecidos ao paciente.

Nas palavras de Nulty (2024) e D'Haese *et al.* (2017), com o planejamento da localização dos implantes feito, um desenho de um guia cirúrgico deve ser elaborado e é um fator crucial para a precisão cirúrgica, assim sendo: mucossuportado, onde o guia cirúrgico é posicionado em cima da mucosa, geralmente em pacientes com edentulismo completo, no tipo dentossuportado, o guia é posicionado nos dentes remanescentes e no tipo osseosuportado, o guia é posicionado no osso após a

realização de um retalho mucoperiosteal, especificamente em pacientes com maior disponibilidade de tecido duro, e o guia especial com mini implantes, onde o guia cirúrgico é conectado ao implante antes durante o ato cirúrgico.

D'Haese *et al.* (2017) cita ainda que pinos de fixação podem ser usados nos guias do tipo mucossuportado e osseosuportado, evitando que estes se movam durante a criação da osteotomia, podendo afetar o planejamento previamente feito, algo que não ocorre em um guia dentossuportado. Além disso, uma menor precisão é vista nos guias osseosuportados e uma maior quando mini implantes de referência foram usados para suportar o modelo da tomografia computadorizada e o guia cirúrgico final, resultando em uma maior chance de atingir o que é chamado de carga imediata, instalando a prótese imediatamente no ato cirúrgico. Schubert *et al.* (2019) adicionam que, ao final do planejamento, o software disponibiliza um relatório do tratamento, com informações adicionais a respeito do tipo, tamanho e posição do implante planejado.

A produção do guia, como citado por D'Haese *et al.* (2017), se baseia no modelo individualizado do paciente, tanto em gesso quanto impresso, feito da forma convencional ou em fluxo digital, utilizando para isso o sistema CAD/CAM ou a impressão 3d.

No primeiro, é feito um enceramento da futura peça protética. Um molde para o guia cirúrgico é realizado com silicone sobre o modelo de gesso (de segundo pré-molar do lado esquerdo à segundo pré-molar do lado direito), o enceramento é removido e as áreas retentivas são ajustadas com cera. Em seguida, é aplicado o isolante acrílico e despejado a resina acrílica para cópia do molde de silicone, para depois perfurar o modelo acrílico com um micromotor e realizar o polimento com taças de borracha de diferentes tamanhos (Donker *et al.*, 2024).

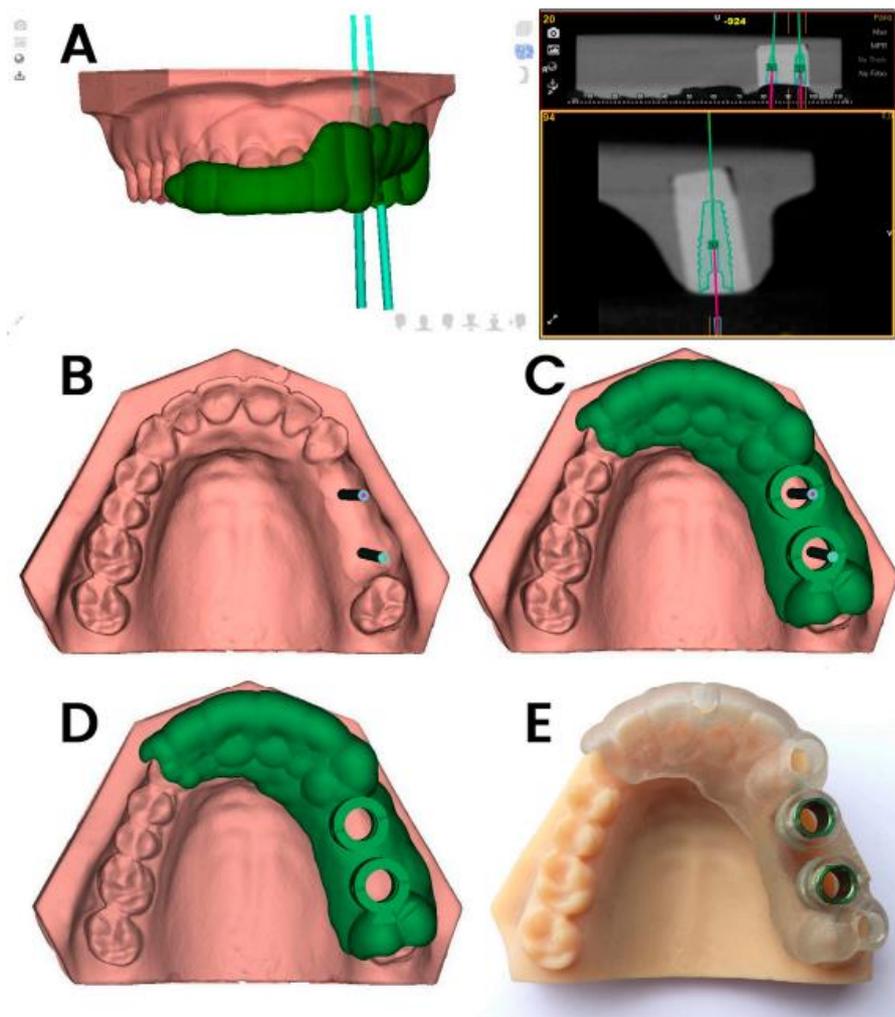
Donker *et al.* (2024) ainda cita outro método de manufatura de um guia cirúrgico utilizando o fluxo digital, que consiste no carregamento dos escaneamentos no software de preferência, desenho do guia cirúrgico (estendendo de segundo pré-molar do lado esquerdo à segundo pré-molar do lado direito), exportado para outro software, como o *MeshMixer*, para criação do furo do implante, impressos em impressora 3d ou fresados em PMMA.

Para Kim *et al.* (2020), o uso da impressão 3D na odontologia é capaz de reduzir custos, encurtar o tempo de procedimentos tradicionais e fabricar estruturas complexas. Em consultório, são encontradas comumente impressoras 3D que

realizam um processo chamado de manufatura aditiva, ou seja, é depositado camada por camada até que o objeto seja feito, porém, é necessário se atentar a fatores que podem mudar a precisão, passividade ou não impressão da peça, neste caso, o guia cirúrgico, como: ângulo inserido da peça na mesa de impressão, remoção de suportes, pós processamento (lavagem da peça em álcool isopropílico) e polimerização ultravioleta.

Além disso, Kim *et al.* (2020) cita que, temperatura, umidade, vibração, material utilizado resolução e variação durante a calibração do paquímetro digital podem causar erros, que, se acumulados mudam completamente a confiabilidade da peça impressa, causando desvios que, se não avaliados, podem inviabilizar o tratamento.

Figura 4 – Planejamento virtual de implantes dentários



Fonte: Guzmán *et al.* (2019).

3.6 Cirurgia guiada: conceitos, tipos e vantagens na prática clínica

Para Kaewsiri *et al.* (2019), métodos convencionais na implantodontia, como a instalação de implantes na técnica mão livre ou o uso de um guia cirúrgico no modelo de estudo, não provém uma reprodução confiável do planejamento prévio cirúrgico. Historicamente, com a expansão da tecnologia no âmbito médico, a cirurgia assistida por computador (CAS) foi introduzido em 1995, necessitando, como foi citado previamente, a superimposição de um DICOM e de um STL, combinado ao software de planejamento, gerando uma simulação tridimensional do local ideal para a posição do implante.

Combinando com as ideias de Scolozzi *et al.* (2023), Kaewsiri *et al.* (2019) diz que, quando esse planejamento é feito, dois sistemas de cirurgia guiada podem ser usados: CAS estático e dinâmico, em que o sistema estático utiliza um guia cirúrgico CAD/CAM com uma anilha embutida, que irá guiar, de forma precisa, a perfuração e colocação do implante e o sistema dinâmico, que utiliza uma tecnologia de rastreamento de movimento, para mapear os instrumentos de perfuração do implante e a posição maxilomandibular do paciente.

Ainda, segundo Gargallo-Albiol *et al.* (2020), existem dois tipos de cirurgia guiada estática: a totalmente guiada (*fully guided*), em que toda cirurgia, desde a fresa piloto até a colocação do implante é feita de forma guiada, e a parcialmente guiada (*half guided*), onde apenas a fresa piloto, ou toda sequência de fresas, ocorre de forma guiada, mas não a fixação do implante.

No CAS dinâmico, marcadores radiopacos (pontos para referência) são usados no momento do ato cirúrgico para gerar um movimento sinérgico entre a anatomia na imagem tomográfica e o campo cirúrgico. Câmeras de rastreamento são posicionadas durante o procedimento, monitorando e transmitindo, em tempo real, o planejamento virtual executado. Dessa forma, o cirurgião dentista consegue ver desvios e ajustar na mesma hora, pela possibilidade de visualização tridimensional a todo momento (Kaewsiri *et al.*, 2019).

Block *et al.* (2017) denota que os pacientes são beneficiados por qualquer método de cirurgia guiada que otimize o posicionamento do implante, quer seja estática ou dinâmica, pois minimiza o tamanho das incisões e torna possível que restaurações provisórias sejam confeccionadas previamente ao procedimento cirúrgico. Porém, o autor cita que existe uma curva de aprendizado, recomendando

que o cirurgião-dentista treine em manequins antes.

Somogyi-Ganss, Holmes e Jokstad (2014) constataram *in vitro* que a cirurgia guiada dinâmica é tão precisa quanto os sistemas já existentes de cirurgia guiada estática, apresentando a menor ocorrência de erros de posicionamento, cruciais em casos específicos, com risco alto a dano nervoso, sangramento e injúria ao seio maxilar, cavidade nasal ou dentes adjacentes.

É visto que, em um guia cirúrgico estático, a falta de encaixe do guia ou das anilhas, pelo posicionamento do guia em boca não estar estável e a interferência da dentição antagonista, impede o correto posicionamento das fresas e do implante, criando erros, que são uma influência menor na técnica convencional, que não necessita de aparatos complementares (Somogyi-Ganss; Holmes; Jokstad, 2014).

Além do mais, Kaewsiri *et al.* (2019) cita que erros humanos, por conta do operador, podem acontecer na técnica dinâmica, por não haver nenhum guia mecânico, dependendo unicamente da mão do cirurgião, que, mediante qualquer tremor, perda de atenção ou coordenação motora resultaria em desvios do planejamento proposto.

Wang *et al.* (2022) evidenciam que, várias são as vantagens do uso do guia dinâmico se comparado com o estático, dentre elas observar e irrigar o sítio cirúrgico sem interferências, utilizar instrumentos convencionais, escanear, planejar e executar a cirurgia no mesmo dia. Por outro lado, a cirurgia guiada estática requer menos tempo cirúrgico, pela presença de guias mecânicos para perfuração óssea, sem necessidade de ajustes adicionais, visualização limpa entre as câmeras e os sensores de rastreamento, além do custo ser elevado (Wang *et al.*, 2022).

Além das vantagens já citadas, Tatakis, Chien e Parashis (2019) citam que a mais importante é o envolvimento com o tratamento desde o início, de todos os profissionais atuantes, dentre eles radiologistas, implantodontistas, protéticos e técnicos, gerando um diagnóstico, plano de tratamento e prognóstico melhores, pela multidisciplinaridade, fundamental em áreas da saúde.

É evidente, no trabalho de Mistry *et al.* (2021) que a complicação mais séria que um cirurgião-dentista pode se deparar é a lesão a estruturas anatômicas críticas, como dentes, seio maxilar, nervos e vasos, e que o uso da cirurgia guiada permite uma melhor margem de erro e precisão, por não depender unicamente de pontos de referência anatômicos e noção espacial, como na técnica convencional. É citado ainda um exemplo em que o uso da técnica convencional em um caso quase perfurou a

cortical lingual por um desvio angular, que poderia causar uma hemorragia fatal pela perfuração da artéria lingual.

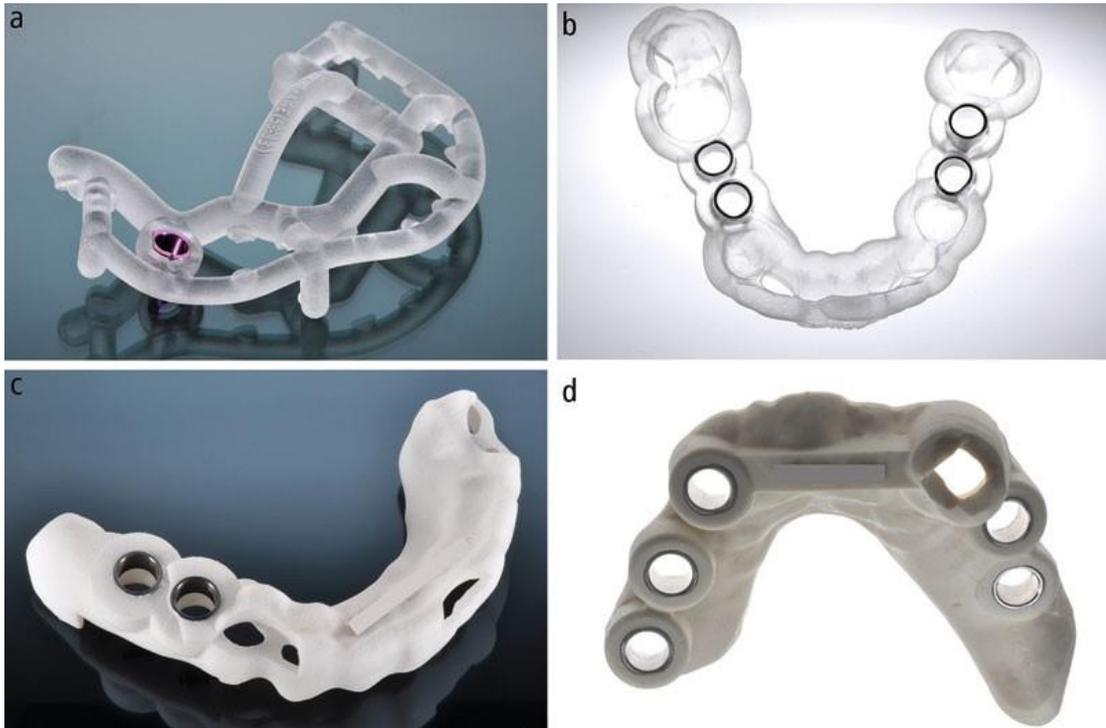
Youk *et al.* (2014) propôs que pacientes submetidos tanto à cirurgia guiada quanto à cirurgia convencional tiveram menos dor e mais satisfação com o tratamento guiado, principalmente pelo uso da técnica *flapless*, caracterizada pela instalação do implante dentário sem o uso de incisão e sutura, atingindo uma cicatrização mais rápida da mucosa e menos perda óssea, com mais estabilidade peri-implantar. Isto está de acordo com o que foi citado por Tatakis, Chien e Parashis (2019) resultando em uma menor dor pós-operatória, edema e sangramento, permitindo também que o paciente possa retornar a sua higiene oral cotidiana o quanto antes.

É proposto por Maier (2016) que uma perda óssea maior é associada com elevação de retalho mucoperiosteal se comparado com a inserção do implante de modo *flapless*, visto que a manipulação do tecido mole durante a cirurgia tem um efeito na remodelação óssea, e podendo causar, no longo termo, a perda do implante dentário.

Outros trabalhos, como o de Guzmán *et al.* (2019), citam que a maior desvantagem do uso da cirurgia guiada dinâmica é a dificuldade de observar o monitor durante o procedimento cirúrgico, limitação esta que pode ser superada com a implementação de dispositivos de realidade aumentada. Gargallo-Albiol *et al.* (2019) acrescenta que um erro pode ocorrer no registro da relação espacial entre os pontos de referência e o paciente, podendo levar a um deslize durante a perfuração, demandando uma precaução maior para evitar uma iatrogenia, ou seja, um erro causado pelo próprio operador.

Entre inúmeras características, Laleman *et al.* (2016) reconhece que não houve estudo que descrevesse o valor exato ou o custo-benefício para o paciente, porém é descrito que o tratamento vale o valor gasto.

Se os protocolos da cirurgia guiada forem estritamente seguidos e a cirurgia for realizada com cuidado, evitando que o guia se movimente de alguma forma, é previsto que a prótese se adapte como planejado, e para isso, é recomendado o uso de 3 pinos de ancoragem para melhorar a estabilidade do guia cirúrgico. Ademais, para minimizar o risco de fixação do implante erroneamente, a maior parte da anestesia local, especificamente na região palatina, deve ser administrada após a fixação do guia cirúrgico, minimizando uma deformação dos tecidos moles localizados nessa região pela administração de anestésico (Dioguardi *et al.*, 2023).

Figura 5 – Guia cirúrgico

Fonte: Schubert *et al.* (2019).

Figura 6 – Guia cirúrgico dentossuportado posicionado em boca

Fonte: Laverty, Buglass e Patel (2018).

3.7 Cirurgia *flapless* e suas consequências pós-operatórias

Laverty, Buglass e Patel (2018) propuseram que, visando um melhor conforto ao paciente quanto ao procedimento cirúrgico de implantes dentários, novas técnicas minimamente invasivas foram elaboradas, e dentre elas, a técnica cirúrgica do tipo *flapless*, que modifica o protocolo cirúrgico previamente utilizado. Este protocolo anterior consistia em incisões localizadas longe do sítio que seria fixado o implante, com o objetivo de prevenir infecções. Os tecidos moles eram incisados, um retalho mucoperiosteal era rebatido para visualização do osso e então fechado, permitindo a osseointegração antes da reabilitação protética.

A técnica cirúrgica *flapless* evita que um retalho mucoperiosteal seja rebatido, mantendo o perióstio em contato com o osso, preservando o potencial osteogênico e o suprimento sanguíneo para o osso subjacente, pela manutenção do plexo supraperiosteal. Quando essa técnica é utilizada, ocorre a preservação do osso marginal ao redor dos implantes, além de ser menos traumática e mais rápida do que a técnica clássica com elevação de retalho, e, por consequência, reduzindo o edema pós-operatório e a sensação dolorosa, sendo mais vantajoso ao paciente (Naeini *et al.*, 2020).

No entanto, como citado por Romandini *et al.* (2023), um obstáculo dessa técnica é a incapacidade de visualizar a topografia do osso subjacente para guiar a fixação do implante no ato cirúrgico, o que pode levar a erros de posicionamento e afetar o resultado do tratamento. Porém, com os avanços em tecnologias de imagem digital, essa barreira pode ser superada, por meio do planejamento virtual e da utilização da cirurgia guiada.

Laverty, Buglass e Patel (2018), Tatakis, Chien e Parashis (2019) concordam com o trabalho de Youk *et al.* (2014) no quesito que o rebatimento de um retalho cirúrgico é bastante invasivo ao paciente, aumentando a morbidade, o desconforto pós-operatório e a necessidade de suturar o tecido, além de que, o uso desse tipo de técnica pode acarretar uma reabsorção óssea e recessão de tecido mole.

Um cuidado redobrado foi proposto por Laverty, Buglass e Patel (2018) quanto ao diâmetro da excisão tecidual, tendo em vista que é necessário um mínimo de 1,5mm de tecido queratinizado ao redor do implante para que haja integração do tecido mole e desenvolvimento do espaço biológico, além de criar tecidos mais resistentes à recessão, mais estáveis, que favorecem a higiene e diminuem a

instalação de doenças peri-implantares. Na ausência de tecido peri-implantar queratinizado suficiente, pode ser utilizado a técnica da mini incisão, feita com lâmina de bisturi de tamanho adequado, e uma abertura tecidual que permita que o implante seja colocado, preservando esse tecido e reduzindo a necessidade de procedimentos enxertivos futuros.

Corroborado por Youk *et al.* (2014), Laverty, Buglass e Patel (2018) demonstram que as vantagens da técnica *flapless* são a preservação de tecido duro, a manutenção de suprimento sanguíneo, a diminuição do tempo cirúrgico e da necessidade de síntese tecidual, reduz complicações pós-operatórias como dor, inchaço, infecção ou deiscência, redução de sangramento intraoperatório e diminuição da perda de tecido peri-implantar. Laleman *et al.* (2016), ainda acrescenta nas vantagens dessa técnica, a redução de incidência de hemorragia, trismo (redução de abertura bucal), hematoma e comprometimento sistêmico infeccioso (bacteremia).

É sugerido que a técnica *flapless* seja usada apenas quando há volume ósseo suficiente, tecido queratinizado adequado (quando a ressecção do tecido é planejada), ausência de zonas de retenção de tecido duro significativas e quando o cirurgião-dentista tiver total noção da anatomia e do posicionamento de estruturas nobres próximas a região planejada para o implante (Laverty; Buglass; Patel, 2018).

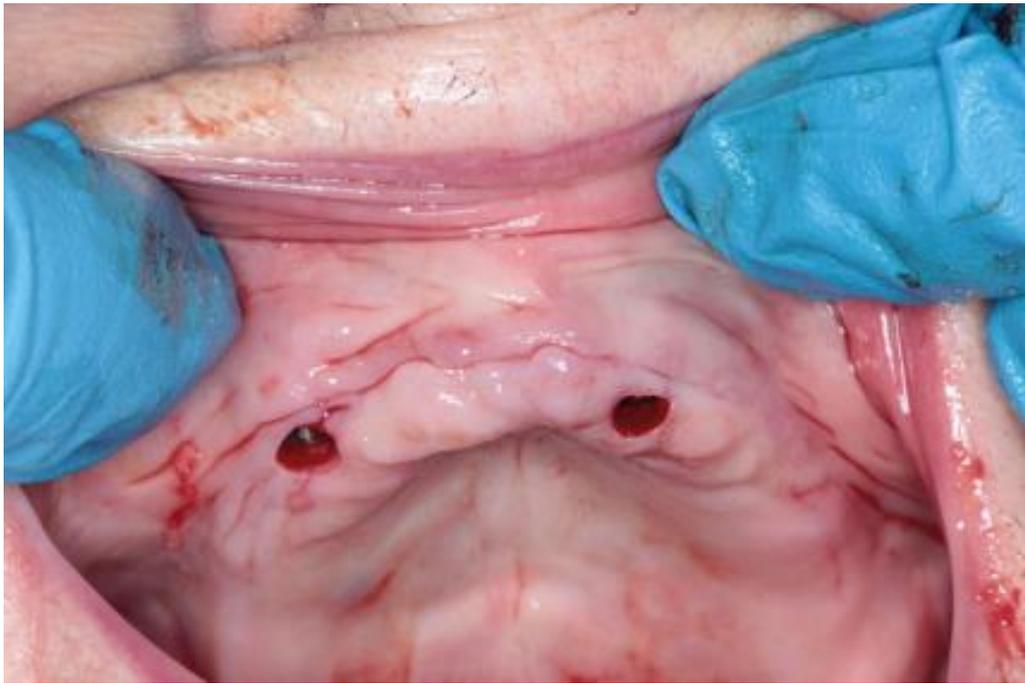
Laverty, Buglass e Patel (2018) citam que entre as desvantagens do uso dessa técnica, há a inabilidade de salvar a mucosa queratinizada, quando utilizando de técnicas cirúrgicas ressectivas, aumentando o tempo de planejamento (uso de TCCB), inabilidade de visualizar a profundidade de perfuração da fresa, acesso reduzido a contornos ósseos que necessitam de alveoloplastia, inabilidade de visualizar o local do implante, potencial de dano térmico pelo acesso reduzido a irrigação durante a osteotomia e inabilidade de visualizar a topografia óssea, aumentando o risco de complicações graves, como, por exemplo, a perfuração óssea.

Além do mais, a complicação mais comum descrita por Laverty, Buglass e Patel (2018) na técnica *flapless* seria a perfuração ou fenestração do osso durante a cirurgia, já que o procedimento cirúrgico é feito sem visão direta do campo cirúrgico e, para minimizar esse risco de ocorrência, o cuidado deve ser redobrado no planejamento, para garantir que a posição e angulação dos implantes está correta. Quando na presença de concavidades ósseas, diminuição de largura de crista óssea alveolar e volume ósseo inadequado, não é recomendado utilizar a técnica *flapless*.

Como descrito por Dioguardi *et al.*, (2023), o sucesso da cirurgia de implantes

dentários não se refere apenas a posição do implante no osso, mas também nos tecidos moles que o circundam. Elevações de retalho pequenas quando há pouca espessura de tecido queratinizado são benéficas para a preservação do osso circundante, porém, quando utilizado no modo livre, sem guia, o risco de fixação do implante no lugar errado é alto e pode resultar em consequências mais graves, como deiscência apical óssea ou perfuração.

Figura 7 – Cirurgia flapless



Fonte: Nulty (2024).

4 METODOLOGIA

Estudo de abordagem qualitativa, do tipo revisão integrativa. Ele foi baseado no estudo de Souza, Silva e Carvalho (2010), que apresenta as fases constituintes de uma revisão integrativa e seus aspectos mais importantes para a formulação de uma metodologia útil e confiável para o pensamento crítico da pesquisa científica.

A revisão integrativa é a abordagem metodológica mais extensa relativa às revisões, emergindo como uma metodologia que propicia a síntese do conhecimento e a aplicabilidade de resultados de estudos de alta significância na prática clínica, por incorporar definição de conceitos, revisão teórica e de evidências e análise de problemas metodológicos de um tema em específico. (Souza; Silva; Carvalho, 2010).

4.1 Elaboração da pergunta norteadora

O norte da pesquisa é definido por uma pergunta. A revisão propôs responder à seguinte pergunta: como é feito o planejamento de uma cirurgia guiada na implantodontia?

4.2 Busca ou amostragem na literatura

Foi desenvolvidas estratégias de busca eletrônica na base de dados PubMed (MedLine). Os seguintes termos de pesquisa foram empregados: “computer-guided implant surgery” e “digital workflow”, além do operador booleano “AND”. O intervalo de publicação dos artigos selecionados foi de 2015 a 2024.

4.3 Critérios de inclusão e exclusão

Os critérios de inclusão de artigos na revisão foram: artigos publicados em inglês ou português, artigos científicos que relatassem a temática definida, disponíveis por completo de forma *online*.

Os critérios de exclusão foram as publicações em outros idiomas e que não respondessem à questão norteadora ou aos critérios estabelecidos na metodologia.

4.4 Seleção dos artigos

A seleção inicial dos artigos ocorreu pela leitura dos títulos, verificando sua correspondência com os critérios de inclusão, sendo descartados se não cumprissem esse requisito ou estivesse dentro dos critérios de exclusão.

O segundo estágio foi constituído pela leitura dos resumos dos artigos pré-selecionados, verificando sua relação com o tema da revisão, aplicando os mesmos critérios de elegibilidade.

Finalmente, os artigos que passaram pelo filtro foram lidos por completo, extraindo o que era relevante para esta revisão de literatura. Como é citado por Souza, Silva e Carvalho (2010), um instrumento previamente elaborado deve ser utilizado, assegurando que a totalidade dos dados relevantes seja extraída, minimizando erros. Também, na análise dos artigos utilizados, foi elaborado, em ordem hierárquica, a relevância da melhor evidência possível, sendo, da melhor para a pior: meta-análise de múltiplos estudos clínicos controlados e randomizados, estudos individuais com delineamento experimental, estudos quase-experimentais, estudos descritivos (não-experimentais) ou com abordagem qualitativa, relatos de caso e opiniões de especialistas.

4.5 Aspectos éticos

O trabalho não passará pelo comitê de ética, tendo em vista que a pesquisa não será realizada em seres humanos.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A busca literária foi realizada na base de dados PubMed (MedLine), utilizando os termos de pesquisa (computer-guided implant surgery) AND (digital workflow), na faixa de tempo de 2015-2024, resultando em 42 artigos. Após a aplicação de um filtro que evidenciava apenas as publicações gratuitas, 13 artigos restaram. Seguidamente, foi realizada a leitura completa e meticulosa de todos os artigos restantes, descrevendo, de forma detalhada, as contribuições para a presente revisão integrativa, correlações com outras evidências científicas e, quando presente, contestações do que foi proposto entre os autores.

O amplo tema de interesse dessa revisão de literatura é justificado pelo fato de que, com o advento do planejamento virtual de implantes dentários, do aumento da precisão de tecnologias de impressão 3d e da popularização da cirurgia guiada, torna-se possível o desenvolvimento de próteses proteticamente guiadas, que são mais estéticas e resultam em menor perda óssea marginal, favorecendo o paciente, principalmente em casos mais complexos.

Com isso em mente, Tallarico *et al.* (2020) dissertam sobre um tratamento de atrofia severa de maxila anterior em uma paciente jovem, utilizando para isso uma malha de titânio customizada por CAD/CAM com fixação simultânea do implante dentário, em um fluxo completamente digital. O relato de caso de Tallarico *et al.* (2020) corrobora com a presente monografia no quesito de como é feito um planejamento virtual e como é executado, planejando o posicionamento do implante previamente, por meio de escaneamentos intraorais, tomografias, guias cirúrgicos e a cirurgia guiada propriamente dita. Além disso, o artigo descreve a utilização de uma malha de titânio, feita em sistema CAD/CAM, para aumento de rebordo alveolar para correção de defeitos ósseos, importante em casos em que a estética é estritamente necessária, principalmente em áreas anteriores, onde as dimensões ósseas mesiodistal e/ou vestibulolingual, necessárias para fixar um implante, são inadequadas. A malha de titânio age como um guia, mantendo o espaço necessário para a neoformação óssea na região enxertada. É também apontado pelo artigo de Tallarico *et al.* (2020) os excelentes resultados da cirurgia guiada no quesito precisão, devido a melhoria de qualidade dos sistemas digitais. No entanto, é visto como um empecilho a curva de aprendizado elevada e a necessidade de um time especializado para trabalhar da melhor maneira com novas tecnologias.

Barros *et al.* (2015) validam o que foi dito por Tallarico *et al.* (2020) quanto as etapas do planejamento de uma cirurgia guiada, começando pela obtenção de dados tomográficos, que, aliados ao software de planejamento de implantes, facilitam a fixação ideal da prótese, utilizando para isso guias cirúrgicos, que melhoram a precisão e conseqüentemente facilitam a fixação da prótese no fim da cirurgia, além de permitir o uso da cirurgia do tipo *flapless*, que é menos traumática e causa menor desconforto, porém pode aumentar o risco de perfurações ósseas, mesmo que sua taxa de sobrevivência seja alta (acima de 90%)

Como descrito em seu artigo, Barros *et al.* (2015) viabilizam o uso do fluxo digital para reabilitação protética de área estética, neste caso, de um incisivo lateral superior, desde a tomografia de feixes cônicos até a instalação do elemento protético. A cirurgia guiada de implantes dentários, mesmo que com o elevado potencial de previsibilidade, ainda apresenta dificuldades, especialmente em áreas estéticas unitárias e edentulismo parcial, além de que outros fatores podem afetar a precisão desse procedimento cirúrgico, como o apoio do guia cirúrgico, que tem maior precisão se feito em dentes e a ação cumulativa de erros, desde a obtenção tomográfica até o ato cirúrgico, que também alteram a precisão.

Conforme mencionado por Schnutenhaus (2021), para um correto posicionamento do implante dentário, vários aspectos devem ser considerados, como a condição do tecido mole e duro e a distância entre os implantes e os dentes vizinhos. Para atingir esse objetivo, o planejamento virtual, proteticamente guiado, é efetivo, além de que, corroborando com o que foi dito por Barros *et al.* (2015) esse tipo de planejamento viabiliza a cirurgia do tipo *flapless*. No entanto, é citado que a taxa de sobrevivência foi similar em implantes feitos de forma guiada quando comparados ao método convencional.

Para implementar o planejamento, são utilizados dois tipos de procedimentos cirúrgicos assistidos por computador: estáticos e dinâmicos. O estático consiste em um guia de perfuração intraoral. O dinâmico, por sua vez, transmite imagens da cavidade oral para um monitor em tempo real, por meio de sistemas de rastreamento óptico com marcadores de referência. Porém, alguns fatores podem afetar a precisão do método de navegação estática, como o desenho do guia, posicionamento, fixação e acesso cirúrgico e tipo de implante. Mesmo que a precisão tenha sido alta, a posição dos marcadores de referência, que irão orientar o instrumental cirúrgico, foi o que mais causou desvios na posição do implante nesse estudo *in vitro*. Ainda assim, resultados

satisfatórios *in vitro* não podem ser utilizados unicamente para corroborar uma técnica, já que fatores como trismo, densidade óssea e dentição residual podem afetar a precisão do procedimento, e só podem ser avaliados com estudos clínicos (Schnutenhaus, 2021).

Para Manfredini *et al.* (2023), em conjunto com a tomografia computadorizada cone beam (TCCB), o planejamento de implantes dentários assistido por computador auxilia na prevenção de complicações intraoperatórias, como injúrias em nervos, perfuração de seio maxilar, fenestrações ou deiscências, indo de acordo com o que foi dito por Mistry *et al.* (2021) e Somogyi-Ganss, Holmes e Jokstad (2014), demonstrando ser uma técnica mais segura, com menor margem de erro. A implantodontia guiada é possível por meio de guias cirúrgicos que permitem a inserção do implante na posição planejada.

Guias empilháveis (*stackable guides*) foram desenvolvidos recentemente, consistindo em uma base fixa e componentes removíveis, simplificando a supervisão das etapas cirúrgicas e protéticas, além de permitir o manejo dos tecidos moles e duros sem a remoção da base fixa. Por terem referências fixas, esses guias podem aumentar a precisão da fixação do implante, evitando desvios (Manfredini *et al.*, 2023).

O artigo de Manfredini *et al.* (2023) inova ao utilizar guias empilháveis, usados de forma sequencial para simplificar e melhorar a previsibilidade do tratamento, que podem ser usados em conjunto com guias dento, muco e osseossuportados, termos que vão de acordo com o que foi dito por D'Haese *et al.* (2017). Por ter um guia cirúrgico fixado como base durante todo o procedimento, evita que ocorra deslocamentos dos *stents* cirúrgicos que possam gerar desvios lineares e angulares ao fixar o implante. É citado ainda por Manfredini *et al.* (2023) que guias fabricados com uma estrutura de titânio apresentam maior rigidez e menor risco de deformação e fratura durante a perfuração dos implantes, ao contrário de guias convencionais, feitos em resina. Além disso, a característica aberta do guia empilhável auxilia na irrigação correta do sítio do implante, que quando inadequada, aumenta a temperatura do osso, prejudicando a regeneração do tecido. Essa característica desse tipo de guia, descrita por Manfredini *et al.* (2023), elimina uma das desvantagens do uso do guia cirúrgico estático, como exemplificado por Wang *et al.* (2022).

Para Manfredini *et al.* (2023), a curva de aprendizado ainda é uma limitação para performar fluxos completamente digitais na implantodontia, corroborando com Block *et al.* (2017), além de que são necessários dados de longo prazo para realmente

validar as vantagens dos guias empilháveis se comparado ao guia tradicional.

Levando em conta o que foi mencionado por Lan *et al.* (2024), guias empilháveis também podem ser utilizados para procedimentos de redução óssea guiada, que, quando necessário, estabelecem um rebordo alveolar adequado para receber o implante. Além disso, essa inovação na implantodontia, por apresentar vários guias removíveis que serão anexados na base já fixada no osso, pode ser promissor para a instalação de próteses provisórias no momento da cirurgia, evitando com que sejam feitas moldagens difíceis e desconfortáveis para o paciente e permitindo que o paciente saia do procedimento já com a prótese em boca.

Lan *et al.* (2024) concorda com Laverty, Buglass e Patel (2018) no que se refere ao uso de guias estáticos, pois eles eliminam a necessidade de uma cirurgia com retalho, já que a TCCB permite que o guia seja feito baseado em uma minuciosa análise do osso subjacente, além de reduzir comorbidades pós-operatórias. Esses guias, quando planejados por fluxo digital, ocasionam uma maior precisão na fixação do implante e próteses provisórias mais bem adaptadas.

Erros nesse tipo de guia empilhável ainda podem acontecer com qualquer outro tipo de guia, tanto durante a aquisição dos dados da TCCB quanto durante a cirurgia, necessitando um profissional treinado que consiga corrigir problemas ou erros que possam vir a acontecer. Mesmo que o conceito seja promissor, a ausência de controle radiográfico pós-operatório nos estudos pesquisados pelos autores e a correta avaliação das próteses provisórias quanto a requisitos protéticos e biológicos deixa algumas lacunas que devem ser preenchidas com novos estudos com melhores níveis de evidência (Lan *et al.*, 2024).

De forma análoga ao que foi dito por Tatakis, Chien e Parashis (2019), Arcuri *et al.* (2015) aponta que a cirurgia guiada propicia uma maior precisão no posicionamento de implantes dentários próximos de estruturas sensíveis, como o seio maxilar, o canal mandibular e o forame mentoniano. O emprego da cirurgia guiada por computador busca superar desafios do método convencional, como as mudanças dimensionais que podem ocorrer com os materiais de moldagem, a característica expansiva do gesso e os erros humanos associados a confecção da peça protética, minimizando-os.

Para Arcuri *et al.* (2015), o planejamento digital de implantes dentários permite que o cirurgião-dentista escolha, previamente ao procedimento cirúrgico, o melhor equilíbrio entre a estética e função do implante dentário. Além disso, já que grande

parte das cirurgias guiadas permite o uso da técnica *flapless*, é esperado nesse tipo de tratamento um menor inchaço e dor pós-operatória, menor sangramento intraoperatório e maior preservação tecidual, como já referido por Laverty, Buglass e Patel (2018).

De forma contrária, é apontado por Arcuri *et al.* (2015) que erros durante o planejamento resultam em um guia cirúrgico não adequado, levando a desvios no posicionamento do implante ou até mesmo gerando complicações severas, como lesões nervosas e/ou em vasos sanguíneos, além da incapacidade de visualização do tecido subjacente ao guia cirúrgico, também apontado, de forma correspondente, por Liu *et al.* (2022) e Romandini *et al.* (2023).

Não obstante, Carosi *et al.* (2022) buscam avaliar a precisão na cirurgia guiada de implantes dentários *flapless* quando utilizado um guia cirúrgico estático mucossuportado em reabilitações totais, além de considerar correlações entre desvios angulares e lineares. Para os autores, a utilização da técnica cirúrgica *flapless* em edentulismo completo, utilizando para isso a cirurgia guiada com auxílio de guias cirúrgicos mucossuportados poderia reduzir a morbidade do tratamento, reduzindo custos, tempo e dor ao paciente. Porém, a resiliência da mucosa e as tensões musculares poderiam interferir na correta adaptação do guia, levando a desvios no posicionamento do implante. Ainda assim, esse tipo de guia se mostrou vantajoso quando comparado ao tipo osseosuportado, que necessita que seja rebatido um retalho mucoperiosteal para ser estabilizado, aumentando o tempo cirúrgico, o desconforto do paciente e a recuperação pós-cirúrgica (Carosi *et al.*, 2022).

Para Carosi *et al.* (2022), cada etapa no planejamento digital, se mal planejada, pode afetar gravemente o posicionamento do implante, sendo esta precisão dependente da quantidade de desvios angulares e lineares que podem acontecer entre a posição desejada e a posição efetiva do implante dentário. Esse pressuposto é corroborado por Schubert *et al.* (2019), Liu *et al.* (2024), Romandini *et al.* (2023) e Arcuri *et al.* (2015).

A revisão sistemática evidenciou alta precisão na cirurgia guiada com uso de guias cirúrgicos em reabilitações orais completas, sendo uma opção de tratamento mais compreensiva e confiável, aumentando os resultados estéticos e clínicos quando comparados ao método convencional, de mão livre (*free hand*). É crucial, para evitar desvios, que o guia cirúrgico seja fixado com base no que foi planejado digitalmente, com auxílio de pinos de fixação em quantidade óssea suficiente e que gere uma

adequada estabilidade. Novamente, todas etapas do fluxo digital devem ser bem conduzidas por clínicos experientes para evitar um posicionamento errôneo do implante dentário (Carosi *et al.*, 2022).

Poli *et al.* (2021) buscam avaliar a efetividade do uso da cirurgia guiada de implantes dentários com simultânea regeneração óssea assistida por computador (*computer-aided guided bone regeneration*) no tratamento de rebordos alveolares posteriores atroficos, tendo em vista a grande lacuna desse tipo de procedimento na literatura científica. Em pacientes com limitada quantia óssea, técnicas de cirurgia guiada podem ser vantajosas, evitando ou reduzindo a necessidade de procedimentos enxertivos, como também descrito por Tatakis, Chien e Parashis (2019), principalmente em casos de defeitos ósseos horizontais e verticais severos, onde a posição do implante é ainda limitada por estruturas anatômicas. Lee *et al.* (2019) reforça o que foi dito por Poli *et al.* (2021), citando que as vantagens do uso da cirurgia guiada são múltiplas: atua como uma ferramenta de análise pré-operatória, melhora a previsibilidade do posicionamento do implante, permite uma melhor utilização do tecido ósseo existente com o intuito de evitar enxertias ósseas e facilita a possibilidade de emprego de técnicas minimamente invasivas, como a *flapless*.

Nesse contexto, a regeneração óssea guiada tem se mostrado eficaz para aumento de espessura e altura do rebordo alveolar. Esse procedimento consiste em virtualmente aumentar o rebordo alveolar em software específico, transferir para um modelo, que será utilizado como referência para modelar o material enxertivo em boca, nesse caso, uma membrana de politetrafluoretileno (Poli *et al.*, 2021).

O artigo de Poli *et al.* (2021), ao aliar a cirurgia guiada com a regeneração óssea guiada assegura resultados clinicamente aceitáveis quanto a eficácia, precisão e diminuição do tempo cirúrgico, considerando a estabilidade do guia cirúrgico como fundamental para atingir resultados satisfatórios. Além disso, a utilização de um único sistema de cirurgia guiada favoreceu a fixação mais precisa do implante dentário, visto que não necessita da troca do guia a cada diâmetro de fresa utilizado, minimizando a chance de desvios ao mudar a posição planejada.

Os resultados menos favoráveis do estudo foram uma menor visibilidade do campo cirúrgico, que ocasionou uma deiscência em um paciente, porém não afetou a regeneração óssea e a percepção dolorosa dos pacientes, que foi mais alta se comparado com as outras variáveis (inchaço e sangramento). Isso se deu por uma falsa percepção do paciente de que o procedimento doeria menos se comparado ao

método convencional, sendo especulado que o componente emocional foi a grande causa de a variável de dor ter sido maior (Poli *et al.*, 2021).

Quanto a obtenção de dados para o planejamento de uma cirurgia guiada, D'Addazio *et al.* (2022) disserta que a tomografia computadorizada, para obtenção de tecido duro e o escaneamento intraoral têm papel fundamental nessa etapa, que quando sobrepostas, criam um “paciente virtual” para planejar procedimentos de implante dentário, indo de acordo com o que foi dito por Flügge *et al.* (2017).

D'Addazio *et al.* (2022) descrevem três sistemas na literatura, utilizados para coletar e combinar os dados anatômicos do paciente: *DICOM-cast*, que consiste em um guia radiográfico com marcadores radiopacos, o *DICOM-DICOM*, em que o paciente realiza uma tomografia com um guia radiográfico em boca e outra tomografia apenas do guia radiográfico, que então são combinados pelos pontos radiopacos em comum e o *DICOM-STL* em que ocorre a combinação da tomografia computadorizada do paciente e um arquivo STL de um escaneamento intra-oral ou de modelo de gesso, sistemas estes que vão de acordo com o que já foi citado por Vercruyssen *et al.* (2014) e Schubert *et al.* (2019).

É visto que não houve diferenças significativas entre o sistema *DICOM-DICOM* e *DICOM-STL* para o planejamento de uma cirurgia guiada, porém, o procedimento cirúrgico, quando realizada em mandíbula, mostrou uma maior precisão se comparado com a maxila, já que a maxila tem como característica anatômica uma menor densidade óssea. Para os autores, a cirurgia guiada é promissora, já que a diminuição da margem de erro vem acontecendo progressivamente na literatura dos anos mais recentes, visando expandir os estudos considerando mais pacientes e com outras variáveis (D'Addazio *et al.*, 2022).

Ao contrário dos artigos já mencionados de Tallarico *et al.* (2020) e Arcuri *et al.* (2015), em que o objetivo principal era realizar o tratamento de implantes dentários por meio de um fluxo digital completo, Lee *et al.* (2019) sugere uma forma de reabilitação total que integre tanto o digital quanto o convencional, de forma que, estrategicamente, em conjunto com as exodontias, instalação dos implantes e a restauração definitiva, são também mantidos dentes outrora condenados como pilares de uma peça provisória fixa, protegendo os implantes de carga oclusal prematura e reforçando a aceitação do paciente com o tratamento.

Lee *et al.* (2019) expõe que um dos empecilhos da cirurgia guiada em arcos edêntulos é a necessidade de utilizar um guia cirúrgico mucossuportado ou

osseosuportado, fixado por pinos. Nesse relato, a presença de dentes provisórios fixos permitiu que o guia cirúrgico fosse assentado na peça provisória, viabilizando um posicionamento mais preciso e reproduzível, indo de acordo com o que já tinha sido abordado por Barros *et al.* (2015) quanto a acurácia do guia cirúrgico dentossuportado.

Para Lee *et al.* (2019), a combinação entre o digital e o convencional foi feita em etapas, utilizando, no começo do tratamento, técnicas convencionais de moldagem e restaurações provisórias, no meio do tratamento, a duplicação e conversão dessa peça provisória em um guia radiográfico, a integração do fluxo digital para o planejamento da cirurgia guiada e ao final, a moldagem convencional, que em espaços edêntulos é mais precisa do que o escaneamento intra-oral e um protocolo digital para a confecção da prótese final, com auxílio de sistemas *CAD/CAM*. O relato de caso de um paciente de Lee *et al.* (2019) descreveu uma boa eficiência, precisão e previsibilidade na integração de métodos convencionais e digitais para uma cirurgia de implantes dentários, porém, não citou as limitações de um relato de caso, ao contrário de Arcuri *et al.* (2015) e Tallarico *et al.* (2020), que em seus artigos de reabilitação oral em fluxo digital completo, citam as limitações desse tipo de evidência científica.

As vantagens da cirurgia guiada, como é relatado por Vico *et al.* (2016) são sua natureza minimamente invasiva, precisão de colocação de implante, previsibilidade, menos desconforto pós-operatório, menor tempo necessário para a reabilitação definitiva, enquanto mantém taxas de sobrevivência similares quando comparados ao método convencional e a possibilidade de evitar procedimentos enxertivos ou planejá-los previamente. Essas vantagens já foram descritas nessa revisão pelos autores Laleman *et al.* (2016), Youk *et al.* (2014) e Poli *et al.* (2021).

Grande parte dos planejamentos digitais, até o presente momento, necessitavam da técnica de escaneamento duplo, como já citado por Vercruyssen *et al.* (2014) e D'Addazio *et al.* (2022), para uma correta avaliação dos tecidos subjacentes e morfologia do paciente. Em casos de edentulismo parcial, Vico *et al.* (2016) sugere um novo procedimento chamado *surface mapping*, onde serão selecionados pontos iguais entre o modelo da boca do paciente e os dados tomográficos, desde que o paciente tenha pelo menos seis dentes distribuídos nos dois quadrantes, de forma similar ao que foi descrito por D'Addazio *et al.* (2022), na técnica *DICOM-STL*.

De acordo com Vico *et al.* (2016), a fusão dos dados tomográficos e do modelo do paciente é feita por meio de um alinhamento digital, onde o operador irá selecionar pontos semelhantes, como cúspides, ângulos ou margens, e o software irá automaticamente realizar a superimposição, ou seja, a união dos dois arquivos. Com o correto alinhamento, o planejamento da cirurgia guiada é feito, permitindo, também, a escolha do tipo de guia cirúrgico, quer seja totalmente guiado ou parcialmente, onde apenas a primeira fresa (*pilot drill*) é guiada, sendo uma novidade presente nesse tipo de protocolo (*Smart Fusion by Nobel Biocare*). Essa evidência vai de acordo com o que já foi proposto por Gargallo-Albiol *et al.* (2020) nessa revisão.

É citado por Vico *et al.* (2016) que em casos de arcos edêntulos severamente atrofiados, onde é necessário a regeneração óssea simultânea, é utilizado um guia cirúrgico simplificado para guiar apenas a fresa piloto, e o restante da cirurgia deve ser conduzido de forma convencional. No entanto, o artigo de Tallarico *et al.* (2020) diz o contrário, ao realizar uma cirurgia totalmente guiada em uma paciente com atrofia óssea severa, obtendo bons resultados.

Um fator crucial para o aumento da precisão nessa modalidade de tratamento seria reduzir o número de etapas necessárias do pré-operatório para a execução da cirurgia guiada. O protocolo descrito pelos autores (*Smart Fusion by Nobel Biocare*), por não necessitar da técnica de escaneamento tomográfico duplo, resulta em um tempo de tratamento reduzido, menor custo laboratorial e uma chance diminuída de riscos a estruturas vitais, visto que não é utilizado um guia radiográfico que possa ser posicionado de forma errônea (Vico *et al.*, 2016).

As limitações desse novo protocolo, conforme descrito por Vico *et al.* (2016) são: pacientes com edentulismo completo, pela dificuldade de superimposição de estruturas, presença de trismo, que dificulta o acesso de fresas maiores, interferências ósseas, que podem prejudicar o assentamento do implante, o aumento de custo e o tempo de planejamento. Porém, para os autores, essas limitações não inibem o uso do protocolo, que é previsível, permite um maior manejo de risco e é minimamente invasivo, permitindo a execução de casos mais complexos.

Visando preencher uma lacuna existente na literatura, Filius *et al.* (2017) discorreram sobre o uso da cirurgia guiada em pacientes portadores de oligodontia, que consiste em uma ausência congênita de seis ou mais dentes permanentes. A necessidade de reabilitação oral para esses pacientes é alta, considerando que a ausência dentária é debilitante, tanto estética quanto funcionalmente. O tratamento

com implantes dentários nesses casos é complexo, pela quantia limitada de volume ósseo, devido a um subdesenvolvimento dos ossos maxilares na área da agenesia e também a reabsorção fisiológica do processo alveolar após a perda do dente decíduo, sem um dente permanente para ocupar o espaço.

O planejamento segue semelhante ao que já foi apontado por Schubert *et al.* (2019) e D'Haese *et al.* (2017) nessa revisão, consistindo na coleta de dados tomográficos e intra-orais e sua subsequente superimposição, no planejamento virtual propriamente dito em software dedicado, na fabricação do guia cirúrgico e na execução da cirurgia guiada, que, no relato de caso de Filius *et al.* (2017), consistiu na abertura de um retalho mucoperiosteal. Porém, não foi descrito no relato de caso porque foi utilizado essa técnica cirúrgica mais invasiva ao contrário da *flapless*, que, conforme descrito por Naeini *et al.* (2020), apresenta vantagens tanto no período transoperatório quanto no pós-operatório.

Para Filius *et al.* (2017), a utilização de um planejamento virtual completo para cirurgia guiada de implantes dentários em casos complexos de oligodontia foi vantajoso, ao permitir que o cirurgião-dentista tivesse mais noção sobre os requerimentos do tratamento quanto ao posicionamento dos implantes, na melhor transparência para o paciente sobre o procedimento cirúrgico que seria submetido e na precisão, que foi comparável a casos em que o paciente não possuía a condição da oligodontia. Porém, o custo mais elevado em comparação ao método convencional ainda é uma dificuldade para uma maior implementação da cirurgia guiada, como já citado por Orentlicher, Horowitz e Abboud (2015). Não obstante, Filius *et al.* (2017) destacam, em sua publicação, a necessidade de identificar mecanismos que possam otimizar a transferência e eliminar erros durante o planejamento, os quais representam a principal causa de desvios na fixação do implante, conforme já mencionado por Laverty, Buglass e Patel (2018).

Colombo *et al.* (2017), ao perceberem que o foco da literatura disponível não providenciava informações precisas sobre as reais vantagens e desvantagens da cirurgia guiada, pretendem, por meio de uma revisão crítica dos estudos com maior nível de evidência, comparar os benefícios e limitações da cirurgia guiada em relação ao método convencional.

De acordo com Colombo *et al.* (2017), a implantodontia busca aprimorar os procedimentos clínicos, visando reduzir o tempo de tratamento e, ao mesmo tempo, adotar técnicas minimamente invasivas. Para alcançar esses objetivos, os protocolos

de cirurgia guiada podem ser úteis, simplificando os processos desde o diagnóstico até a restauração final. Sua implementação permite que seja obtido, no momento da cirurgia, uma prótese fixa pré-fabricada que pode ser inserida no implante, alcançando os objetivos funcionais e estéticos desejados, de acordo com o posicionamento planejado do implante dentário. No entanto, a curva de aprendizado, o tempo adicional em comparação aos métodos convencionais e os custos envolvidos devem ser considerados, desvantagens estas que também foram observadas por Tallarico *et al.* (2020) e Block *et al.* (2017).

Foi observado pelos autores que, referente a precisão do guia cirúrgico, a maxila, devido a uma maior superfície de apoio e com a fixação do guia, resultou em uma maior precisão, e em pacientes fumantes, houve um maior desvio do implante devido a um aumento na espessura da mucosa. Além disso, guias cirúrgicos feitos em sistema CAD/CAM obtiveram maior precisão e menos variabilidade de valores de desvio quando comparados a guias feitos de maneira convencional (Colombo *et al.*, 2017).

Para Colombo *et al.* (2017), é crucial que seja escolhido o melhor protocolo de cirurgia guiada e sua execução meticulosa, que quando bem-feita, evita sérias complicações como perfurações de vaso e nervos e permite que sejam realizadas cirurgias complexas, como em casos de reabsorção óssea severa. Tallarico *et al.* (2020) respalda com o que foi dito ao realizar uma cirurgia, completamente guiada, em uma paciente com atrofia óssea severa. Mistry *et al.* (2021) endossa o que foi dito sobre a eficácia da cirurgia guiada como protocolo para evitar complicações severas no paciente.

A técnica *flapless* não apresentou maiores taxas de sobrevivência do implante dentário se comparado ao método convencional, mas resultou em uma redução de dor significativa e desconforto no período pós-operatório, provavelmente devido ao procedimento de forma *flapless*. Porém, essa técnica necessita de operadores bem-preparados para conseguir manejar eventos adversos que possam vir a ocorrer durante a cirurgia guiada (Colombo *et al.*, 2017). Youk *et al.* (2014) confirmam o que foi apontado ao descrever a redução de dor nesse tipo de protocolo quando comparado ao convencional.

A pesquisa meticulosa conduzida por Colombo *et al.* (2017) sugeriu que as evidências científicas deveriam focar mais em identificar quais situações clínicas podem se beneficiar melhor da cirurgia guiada, principalmente com estudos clínicos

randomizados que discutam as vantagens e desvantagens do uso de protocolos totalmente guiados.

As taxas de sobrevivência e efetividade dos implantes foram similares entre a técnica convencional e a digital. Além disso, foi discutida a redução de dor pós-operatória, tempo cirúrgico e custos. Todavia, é indicado a cirurgia guiada, pelos autores, em casos em que há necessidade de procedimentos minimamente invasivos, com posicionamento ideal e carga imediata (Colombo *et al.*, 2017).

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta revisão integrativa atingiu seus objetivos, identificando, por meio da pesquisa em base de dados, os artigos científicos que correspondiam a temática proposta, selecionando os artigos baseados nos critérios de inclusão e exclusão e pela leitura veemente dos mesmos. As discussões evidenciadas nessa revisão são relevantes tanto no presente momento quanto criam lacunas que devem ser preenchidas por futuros estudos na área.

O planejamento de uma cirurgia guiada é composto por várias etapas, que devem ser cautelosamente feitas, evitando erros cumulativos. Essa revisão, com base nos trabalhos incluídos, acredita que, a cirurgia guiada, quando bem planejada, é confiável e mais precisa que os métodos convencionais. Sua redução de tempo operatório e capacidade de emprego de novas técnicas minimamente invasivas é vantajosa ao paciente, que passa por um procedimento com menor morbidade. Em casos complexos, a cirurgia guiada consegue evitar ou reduzir a necessidade de procedimentos adicionais, como enxertos ósseos, por permitir a visualização de todo tecido subjacente por meio da tomografia computadorizada e escaneamentos da boca do paciente.

Verificou-se também que a estética e a funcionalidade do implante dentário, pela possibilidade de planejar a peça protética previamente a sua instalação, é favorecida, com o que é chamado de prótese proteticamente guiada.

No entanto, o custo elevado e a necessidade de profissionais treinados são um empecilho para uma maior implementação desse tipo de procedimento, por ser uma tecnologia nova e pouco difundida no Brasil. Que esse trabalho sirva de subsídio para a divulgação desse conhecimento pouco explorado nas faculdades de Odontologia.

REFERÊNCIAS

ALGHAMDI, Hamdan S.; JANSEN, John A. The development and future of dental implants. **Dental materials journal**, v. 39, n. 2, p. 167-172, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.4012/dmj.2019-140>. Acesso em: 09 ago. 2024.

ARCURI, L. et al. Full digital workflow for implant-prosthetic rehabilitations: a case report. **ORAL & implantology**, v. 8, n. 4, p. 114, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.11138/orl/2015.8.4.114>. Acesso em: 29 set. 2024.

BASSIR, Seyed Hossein *et al.* Outcome of early dental implant placement versus other dental implant placement protocols: a systematic review and meta-analysis. **Journal of periodontology**, v. 90, n. 5, p. 493-506, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/JPER.18-0338>. Acesso em: 10 jun. 2024.

BADENES-CATALÁN, Javier; PALLARÉS-SABATER, Antonio. Influence of smoking on dental implant osseointegration: a radiofrequency analysis of 194 implants. **Journal of Oral Implantology**, v. 47, n. 2, p. 110-117, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1563/aaid-joi-d-19-00223>. Acesso em: 09 ago. 2024.

BARROS, Vinicius de Magalhães et al. Definitive presurgical CAD/CAM-guided Implant-Supported Crown in an esthetic área. **Brazilian dental journal**, v. 26, n. 6, p. 695-700, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/0103-6440201300437>. Acesso em: 29 set. 2024.

BLOCK, Michael S. Dental implants: The last 100 years. **Journal of Oral and Maxillofacial Surgery**, v. 76, n. 1, p. 11-26, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.joms.2017.08.045>. Acesso em: 09 ago. 2024.

BLOCK, Michael S. *et al.* Implant Placement Accuracy Using Dynamic Navigation. **International Journal of Oral & Maxillofacial Implants**, v. 32, n. 1, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.11607/jomi.5004>. Acesso em: 10 jun. 2024.

BORNSTEIN, Michael M.; HORNER, Keith; JACOBS, Reinhilde. Use of cone beam computed tomography in implant dentistry: current concepts, indications and limitations for clinical practice and research. **Periodontology 2000**, v. 73, n. 1, p. 51-72, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/prd.12161>. Acesso em: 10 jun. 2024.

BOSSHARDT, Dieter D.; CHAPPUIS, Vivianne; BUSER, Daniel. Osseointegration of titanium, titanium alloy and zirconia dental implants: current knowledge and open questions. **Periodontology 2000**, v. 73, n. 1, p. 22-40, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/prd.12179>. Acesso em: 09 ago. 2024.

BUSER, Daniel; SENNERBY, Lars; DE BRUYN, Hugo. Modern implant dentistry based on osseointegration: 50 years of progress, current trends and open questions. **Periodontology 2000**, v. 73, n. 1, p. 7-21, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/prd.12185>. Acesso em: 09 ago. 2024.

- CAROSI, Paolo et al. Accuracy of computer-assisted flapless implant placement by means of mucosa-supported templates in complete-arch restorations: a systematic review. **Materials**, v. 15, n. 4, p. 1462, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/ma15041462>. Acesso em: 29 set. 2024.
- COLOMBO, Marco et al. Clinical applications and effectiveness of guided implant surgery: a critical review based on randomized controlled trials. **BMC oral health**, v. 17, p. 1-9, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1186/s12903-017-0441-y>. Acesso em: 29 set. 2024.
- D'ADDAZIO, Gianmaria et al. Accuracy of dicom–dicom vs. dicom–stl protocols in computer-guided surgery: A human clinical study. **Journal of Clinical Medicine**, v. 11, n. 9, p. 2336, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/jcm11092336>. Acesso em: 29 set. 2024.
- DE VICO, G. et al. A novel workflow for computer guided implant surgery matching digital dental casts and CBCT scan. **ORAL & implantology**, v. 9, n. 1, p. 33, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.11138/orl/2016.9.1.033>. Acesso em: 29 set. 2024.
- DIOGUARDI, Mario et al. Guided dental implant surgery: systematic review. **Journal of Clinical Medicine**, v. 12, n. 4, p. 1490, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/jcm12041490>. Acesso em: 09 ago. 2024.
- DONKER, Vincent JJ *et al.* Digital versus conventional surgical guide fabrication: A randomized crossover study on operator preference, difficulty, effectiveness, and operating time. **Clinical and experimental dental research**, v. 10, n. 1, p. e831, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/cre2.831>. Acesso em: 10 jun. 2024.
- D'HAESE, Jan *et al.* Current state of the art of computer-guided implant surgery. **Periodontology 2000**, v. 73, n. 1, p. 121-133, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/prd.12175>. Acesso em: 10 jun. 2024.
- FELLER, Liviu et al. Cellular responses evoked by different surface characteristics of intraosseous titanium implants. **BioMed research international**, v. 2015, n. 1, p. 171945, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1155/2015/171945>. Acesso em: 09 ago. 2024.
- FELLER, L. et al. Osseointegration: biological events in relation to characteristics of the implant surface: clinical review. **South African Dental Journal**, v. 69, n. 3, p. 112-117, 2014. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24974481/>. Acesso em: 09 ago. 2024.
- FILIUS, Marieke AP et al. Three-dimensional computer-guided implant placement in oligodontia. **International journal of implant dentistry**, v. 3, p. 1-8, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1186/s40729-017-0090-6>. Acesso em: 29 set. 2024.
- FLÜGGE, Tabea *et al.* Registration of cone beam computed tomography data and intraoral surface scans—A prerequisite for guided implant surgery with CAD/CAM drilling guides. **Clinical Oral Implants Research**, v. 28, n. 9, p. 1113-1118, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/clr.12925>. Acesso em: 10 jun. 2024.

GARGALLO-ALBIOL, Jordi *et al.* Advantages and disadvantages of implant navigation surgery. A systematic review. **Annals of Anatomy-Anatomischer Anzeiger**, v. 225, p. 1-10, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.aanat.2019.04.005>. Acesso em: 10 jun. 2024.

GARGALLO-ALBIOL, Jordi *et al.* Fully Guided Versus Half-Guided and Freehand Implant Placement: Systematic Review and Meta-analysis. **International Journal of Oral & Maxillofacial Implants**, v. 35, n. 6, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.11607/jomi.7942>. Acesso em: 29 set. 2024.

GUGLIELMOTTI, María B.; OLMEDO, Daniel G.; CABRINI, Rómulo L. Research on implants and osseointegration. **Periodontology 2000**, v. 79, n. 1, p. 178-189, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/prd.12254>. Acesso em: 09 ago. 2024.

GUZMÁN, Alfonso Mediavilla *et al.* Accuracy of computer-aided dynamic navigation compared to computer-aided static navigation for dental implant placement: an in vitro study. **Journal of clinical medicine**, v. 8, n. 12, p. 2123, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/jcm8122123>. Acesso em: 10 jun. 2024.

HAYASHI, Takafumi *et al.* Clinical guidelines for dental cone-beam computed tomography. **Oral radiology**, v. 34, p. 89-104, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11282-018-0314-3>. Acesso em: 09 ago. 2024.

JACOBS, Reinhilde *et al.* Cone beam computed tomography in implant dentistry: recommendations for clinical use. **BMC oral health**, v. 18, p. 1-16, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1186/s12903-018-0523-5>. Acesso em: 09 ago. 2024.

KAEWSIRI, Dechawat *et al.* The accuracy of static vs. dynamic computer-assisted implant surgery in single tooth space: A randomized controlled trial. **Clinical oral implants research**, v. 30, n. 6, p. 505-514, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/clr.13435>. Acesso em: 10 jun. 2024.

KERNEN, Florian *et al.* A review of virtual planning software for guided implant surgery-data import and visualization, drill guide design and manufacturing. **BMC Oral Health**, v. 20, n. 1, p. 251, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1186/s12903-020-01208-1>. Acesso em: 10 jun. 2024.

KIM, Taehun *et al.* Accuracy of a simplified 3D-printed implant surgical guide. **The Journal of prosthetic dentistry**, v. 124, n. 2, p. 195-201. e2, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2019.06.006>. Acesso em: 10 jun. 2024.

LALEMAN, Isabelle *et al.* Guided Implant Surgery in the Edentulous Maxilla: A Systematic Review. **International journal of oral & maxillofacial implants**, v. 31, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.11607/jomi.16suppl.g3>. Acesso em: 10 jun. 2024.

LAN, Romain *et al.* Current knowledge about stackable guides: a scoping review. **International Journal of Implant Dentistry**, v. 10, n. 1, p. 28, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.1186/s40729-024-00547-w>. Acesso em: 29 set.

2024.

LAVERTY, D. P.; BUGLASS, J.; PATEL, A. Flapless dental implant surgery and use of cone beam computer tomography guided surgery. **British dental journal**, v. 224, n. 8, p. 591-602, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1038/sj.bdj.2018.268>. Acesso em: 10 jun. 2024.

LEE, Jason D. et al. Integrated digital and conventional treatment workflow in guided complete mouth implant rehabilitation: a clinical case report. **Dentistry Journal**, v. 7, n. 4, p. 100, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/dj7040100>. Acesso em: 29 set. 2024.

LIU, Xiaoqian *et al.* Accuracy of a milled digital implant surgical guide: An in vitro study. **The Journal of Prosthetic Dentistry**, v. 127, n. 3, p. 453-461, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2020.07.041>. Acesso em: 10 jun. 2024.

MAIER, Frank-Michael. Initial Crestal Bone Loss After Implant Placement with Flapped or Flapless Surgery--A Prospective Cohort Study. **International Journal of Oral & Maxillofacial Implants**, v. 31, n. 4, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.11607/jomi.4283>. Acesso em: 10 jun. 2024.

NASSEH, Ibrahim; AL-RAWI, Wisam. Cone beam computed tomography. **Dental Clinics**, v. 62, n. 3, p. 361-391, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.cden.2018.03.002>. Acesso em: 09 ago. 2024.

MANFREDINI, Mattia et al. Computer aided full arch restoration by means of one-piece implants and stackable guide: a technical note. **Dentistry Journal**, v. 11, n. 11, p. 256, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/dj11110256>. Acesso em: 29 set. 2024.

MISTRY, Amit *et al.* 3D guided dental implant placement: impact on surgical accuracy and collateral damage to the inferior alveolar nerve. **Dentistry Journal**, v. 9, n. 9, p. 99, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/dj9090099>. Acesso em: 10 jun. 2024.

MORA, Maria A.; CHENIN, Douglas L.; ARCE, Roger M. Software tools and surgical guides in dental-implant-guided surgery. **Dental Clinics**, v. 58, n. 3, p. 597-626, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.cden.2014.04.001>. Acesso em: 17 nov. 2024.

NAEINI, Emitis Natali et al. Narrative review regarding the applicability, accuracy, and clinical outcome of flapless implant surgery with or without computer guidance. **Clinical Implant Dentistry and Related Research**, v. 22, n. 4, p. 454-467, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/cid.12901>. Acesso em: 18 ago. 2024.

NULTY, Adam. A literature review on prosthetically designed guided implant placement and the factors influencing dental implant success. **British Dental Journal**, v. 236, n. 3, p. 169-180, 2024. Disponível em:

<https://doi.org/10.1038/s41415-024-7050-3>. Acesso em: 10 jun. 2024.

ORENTLICHER, Gary; HOROWITZ, Andrew; ABBOUD, Marcus. What's Hinderling Dentistry From the Widespread Adoption of CT-Guided Surgery? **Compendium**, v. 36, n. 10, 2015. Disponível em:

<https://www.aegisdentalnetwork.com/cced/2015/12/whats-hinderling-dentistry-from-the-widespread-adoption-of-ct-guided-surgery>. Acesso em: 10 jun. 2024.

PANCHAL, Neeraj *et al.* Dynamic navigation for dental implant surgery. **Oral Maxillofac Surg Clin North Am**, v. 31, n. 4, p. 539-47, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.coms.2019.08.001>. Acesso em: 10 jun. 2024.

PANDEY, Chandrashekhar; ROKAYA, Dinesh; BHATTARAI, Bishwa Prakash. Contemporary concepts in osseointegration of dental implants: a review. **BioMed research international**, v. 2022, n. 1, p. 6170452, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1155/2022/6170452>. Acesso em: 09 ago. 2024.

POLI, Pier Paolo *et al.* Computer-guided implant placement associated with computer-aided bone regeneration in the treatment of atrophied partially edentulous alveolar ridges: A proof-of-concept study. **Journal of Dental Sciences**, v. 16, n. 1, p. 333-341, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jds.2020.02.010>. Acesso em: 29 set. 2024.

PUTRA, Ramadhan Hardani *et al.* The accuracy of implant placement with computer-guided surgery in partially edentulous patients and possible influencing factors: A systematic review and meta-analysis. **Journal of prosthodontic research**, v. 66, n. 1, p. 29-39, 2022. Disponível em: https://doi.org/10.2186/jpr.jpr_d_20_00184. Acesso em: 10 jun. 2024.

RODRIGUES, João Marcelo Meireles *et al.* Assessment of deviations of implants installed with prototyped surgical guide and conventional guide: in vitro study. **European Journal of Dentistry**, v. 17, n. 01, p. 039-045, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1055/s-0040-1718791>. Acesso em: 09 ago. 2024.

ROMANDINI, Mario *et al.* Minimal invasiveness at dental implant placement: A systematic review with meta-analyses on flapless fully guided surgery. **Periodontology 2000**, v. 91, n. 1, p. 89-112, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/prd.12440>. Acesso em: 09 ago. 2024.

SCHNUTENHAUS, Sigmar *et al.* Accuracy of computer-assisted dynamic navigation as a function of different intraoral reference systems: An in vitro study. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 18, n. 6, p. 3244, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/ijerph18063244>. Acesso em: 29 set. 2024.

SCHUBERT, O. *et al.* Digital implant planning and guided implant surgery—workflow and reliability. **British dental journal**, v. 226, n. 2, p. 101-108, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1038/sj.bdj.2019.44>. Acesso em: 10 jun. 2024.

SCOLOZZI, Paolo *et al.* Computer-Aided Design and Computer-Aided Modeling (CAD/CAM) for Guiding Dental Implant Surgery: Personal Reflection Based on 10

Years of Real-Life Experience. **Journal of personalized medicine**, v. 13, n. 1, p. 129, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/jpm13010129>. Acesso em: 10 jun. 2024.

SIQUEIRA, Rafael *et al.* Does a fully digital workflow improve the accuracy of computer-assisted implant surgery in partially edentulous patients? A systematic review of clinical trials. **Clinical Implant Dentistry and Related Research**, v. 22, n. 6, p. 660-671, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/cid.12937>. Acesso em: 10 jun. 2024.

SOMOGYI-GANSS, Eszter; HOLMES, Howard I.; JOKSTAD, Asbjørn. Accuracy of a novel prototype dynamic computer-assisted surgery system. **Clinical oral implants research**, v. 26, n. 8, p. 882-890, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/clr.12414>. Acesso em: 10 jun. 2024.

SOUZA, Marcela Tavares de; SILVA, Michelly Dias da; CARVALHO, Rachel de. Revisão integrativa: o que é e como fazer. **Einstein (São Paulo)**, v. 8, p. 102-106, 2010. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/eins/a/ZQTBkVJZqcWrTT34cXLjtBx/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 10 jun. 2024.

TAI, Chih-Jaan; TATAKIS, Dimitris N.; CHIEN, Hua-Hong. The Applications and Limitations of Advanced (3-Dimensional) Radiographic Imaging Techniques. **Clinical Maxillary Sinus Elevation Surgery**, p. 31-56, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/9781118871331.ch3>. Acesso em: 10 jun. 2024.

TALLARICO, Marco *et al.* Customized 3D-printed titanium mesh developed to regenerate a complex bone defect in the aesthetic zone: a case report approached with a fully digital workflow. **Materials**, v. 13, n. 17, p. 3874, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/ma13173874>. Acesso em: 29 set. 2024.

TATAKIS, Dimitris N.; CHIEN, Hua-Hong; PARASHIS, Andreas O. Guided implant surgery risks and their prevention. **Periodontology 2000**, v. 81, n. 1, p. 194-208, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/prd.12292>. Acesso em: 10 jun. 2024.

UNSAI, Gokce-Soganci; TURKYILMAZ, Ilser; LAKHIA, Samantha. Advantages and limitations of implant surgery with CAD/CAM surgical guides: A literature review. **Journal of clinical and experimental dentistry**, v. 12, n. 4, p. e409, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.4317/jced.55871>. Acesso em: 10 jun. 2024.

VERCRUYSSSEN, Marjolein *et al.* Different techniques of static/dynamic guided implant surgery: modalities and indications. **Periodontology 2000**, v. 66, n. 1, p. 214-227, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/prd.12056>. Acesso em: 10 jun. 2024.

WANG, Miaozen *et al.* Comparison of implant placement accuracy in healed and fresh extraction sockets between static and dynamic computer-assisted implant surgery navigation systems: a model-based evaluation. **Materials**, v. 15, n. 8, p. 2806, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/ma15082806>. Acesso em: 10 jun. 2024.

YOUK, Shin-Young *et al.* A survey of the satisfaction of patients who have undergone implant surgery with and without employing a computer-guided implant surgical template. **The Journal of Advanced Prosthodontics**, v. 6, n. 5, p. 395, 2014.

Disponível em: <https://doi.org/10.4047/jap.2014.6.5.395>. Acesso em: 10 jun. 2024.