

INSTITUTO UNIVERSITÁRIO EGAS MONIZ

MESTRADO INTEGRADO EM MEDICINA DENTÁRIA

CIRURGIA GUIADA EM IMPLANTOLOGIA ATUAL: INDICAÇÕES PRINCÍPIOS E PROTOCOLOS CLÍNICOS

Trabalho submetido por
Djanette Lalmi
para a obtenção do grau de Mestre em Medicina Dentária

outubro de 2023

INSTITUTO UNIVERSITÁRIO EGAS MONIZ

MESTRADO INTEGRADO EM MEDICINA DENTÁRIA

CIRURGIA GUIADA EM IMPLANTOLOGIA ATUAL: INDICAÇÕES PRINCÍPIOS E PROTOCOLOS CLÍNICOS

Trabalho submetido por
Djanette Lalmi
para a obtenção do grau de Mestre em Medicina Dentária

Trabalho orientado por
Prof. Doutor Eugénio Pereira

e coorientado por
Prof. Doutor Gonçalo Pereira

outubro de 2023

DEDICATÓRIA

Aos meus pais, que me deu força,
pelos valores que me transmitiram,
por me terem apoiado e ajudado em todos os desafios,
não tenho palavras suficientes para expressar minha gratidão.

Obrigada por tudo.

AGRADECIMENTOS

Estes agradecimentos são dirigidos os todos que participaram neste projeto e, que contribuíram para a finalização da minha licenciatura.

Ao orientador deste trabalho, Prof. Doutor Eugénio Pereira pela sua grande ajuda, e paciência que teve comigo na realização deste trabalho, a disponibilidade e o tempo precioso que me consagrou.

Ao meu coorientador, Prof. Doutor Gonçalo Pereira pela o seu apoio, os seus preciosos conselhos, a confiança de desenvolver este tema.

À Egas Moniz e ao seu corpo docente, pela excelente qualidade de ensino, pelos valiosos conhecimentos adquiridos tão importantes para a minha futura carreira profissional.

Um agradecimento em geral a todo o meu núcleo de colegas e amigos mais próximos que me apoiaram nos meus projetos, pela amizade e pela companhia em todos os momentos desse percurso.

À minha família, sem vocês nada seria possível.

Aos meus pais, obrigada por serem um pilar essencial na minha vida, por tornarem os meus dias felizes, me darem força quando precisei e por todo o apoiado incondicional durante toda a minha vida.

Às minhas irmãs que sempre acreditaram em mim, me acompanharam e motivaram-me para sempre progredir para melhor.

À Clément que me acompanhou nos bons momentos, encorajando-me nos momentos difíceis e me transmitiu força para superar os meus limites.

À Regina, a minha amiga que encheu os seus anos de memórias felizes.

RESUMO

A reabilitação oral de pacientes desdentados através de implantes dentários, veio permitir um enorme incremento na qualidade de vida dos pacientes, contribuindo para melhoria da função mastigatória e estética. O princípio da cirurgia guiada por computador no tratamento com implantes dentários é um avanço tecnológico que combina a utilização de *software* e tomografia de feixe cônico no planejamento cirúrgico e colocação de implantes, contribuindo assim para um posicionamento mais preciso dos implantes. Atualmente, existem vários protocolos cirúrgicos para cirurgia guiada, diferenciados pela técnica de produção das guias cirúrgicas, instrumental cirúrgico e protocolos de instalação dos implantes dentários. A disponibilidade de novas tecnologias de imagem, *softwares* de diagnóstico e guias cirúrgicas, contribuem para facilitar o cirurgião na seleção de casos clínicos, auxiliar a assistência nos procedimentos cirúrgicos e na escolha das técnicas cirúrgicas mais apropriadas para a reabilitação oral com implantes dentários. A colocação de implantes dentários através de guia cirúrgica permite a redução do tempo operatório, associado a menor morbidade, um posicionamento correto dos implantes dentários, minimizar riscos intraoperatórios evitando lesões de estruturas anatômicas, e a confecção pré-operatória da reabilitação protética provisória imediata. Esta revisão narrativa tem como objetivo principal rever os princípios atuais da cirurgia guiada, os seus protocolos cirúrgicos, o seu instrumental associado, as suas vantagens limitações. A revisão bibliográfica será baseada na pesquisa de artigos científicos, em língua inglesa, francesa e portuguesa, publicados nos últimos 30 anos, nas bases de dados *MEDLINE-Pubmed*, *Cochrane Library*, *Google Scholar* e *B-on*. Adicionalmente será feita uma pesquisa bibliográfica manual, através de livros científicos de referência da área.

Palavras-chave: Cirurgia guiada, guias cirúrgicas, implante osteointegrado, imagem tridimensional.

ABSTRACT

The oral rehabilitation of edentulous patients by means of dental implants has allowed an enormous increase in the patients' quality of life, contributing to the improvement of masticatory function and aesthetics. The principle of computer-guided surgery in dental implant treatment is a technological advance that combines the use of software and cone beam tomography in surgical planning and implant placement, thus contributing to more precise implant positioning. Currently, there are several surgical protocols for guided surgery, differentiated by the technique of producing the surgical guides, surgical instruments, and installation protocols of the dental implants. The availability of new imaging technologies, diagnostic *software*, and surgical guides, contribute to facilitate the surgeon in the selection of clinical cases, aid assistance in surgical procedures and the choice of the most appropriate surgical techniques for oral rehabilitation with dental implants. The placement of dental implants through surgical guide allows the reduction of operative time, associated with lower morbidity, a correct positioning of dental implants, minimize intraoperative risks by avoiding injury to anatomical structures, and the preoperative making of the immediate provisional prosthetic rehabilitation. This narrative review has as main objective to review the current principles of guided surgery, its surgical protocols, its associated instrumental, its advantages and limitations. The literature review will be based on a search of scientific articles in English, French and Portuguese language, published in the last 30 years, in MEDLINE-Pubmed, Cochrane Library, Google Scholar and B-on databases. Additionally, manual bibliographic research will be made, through scientific books of reference of the area.

Keywords: Guided surgery, surgical guides, osseointegrated implant, three-dimensional image.

ÍNDICE GERAL

ÍNDICE DE FIGURAS	7
ÍNDICE DE TABELAS	10
LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS.....	11
I. INTRODUÇÃO	13
II. DESENVOLVIMENTO	15
1. Avaliação e análise da situação clínica.....	15
1.1. Exame clínico.....	15
1.2. Exame imagiológico.....	17
1.3. Imagens bidimensionais	19
1.3.1. Ortopantomografia.....	19
1.3.2. Radiografia apical	20
1.4. Imagens tridimensionais.....	21
1.4.1. Tomografia computadorizada	22
1.4.2. Tomografia de feixe cónico (CBCT)	23
2. Planeamento Pré-operatório.....	25
2.1. Meios de diagnóstico imagiológicos	25
2.2. <i>Software</i> de planeamento e imagem 3D	26
2.3. Métodos de planeamento cirúrgico convencional e digital.....	28
2.4. Integração dos dados no <i>Software</i> de planeamento	30
2.5. Aquisição de dados STL.....	31
2.6. Aquisição de dados DICOM.....	31
2.7. Fusão de dados STL e DICOM.....	31
3. Guias radiográficas e cirúrgicas.....	33
3.1. Guias radiográficas	33
3.2. Guias cirúrgicos.....	35
3.3. Guias esteriolitográficos	37
3.4. Classificação das guias em função do tipo de apoio	38
3.4.1. Apoio dentário5.....	38

3.4.2.	Apoio sobre implantes	39
3.4.3.	Apoio ósseo.....	39
3.4.4.	Apoio mucoso.....	40
3.5.	Guias fechadas e abertas	41
3.6.	Limitações das guias	41
4.	Cirurgia guiada	42
4.1.	Protocolo clínico	42
4.2.	Constituintes físicos da cirurgia guiada.....	42
4.3.	Protocolo cirúrgico.....	42
4.3.1.	Navegação dinâmica	42
4.3.2.	Navegação estática	45
4.3.3.	Cirurgia totalmente guiada, indicações, vantagens, desvantagens	47
4.3.4.	Cirurgia parcialmente guiada, indicações, vantagens, desvantagens	49
4.3.5.	Comparação das duas técnicas	51
4.4.	Indicações anatómicas das guias cirúrgicas.....	56
4.4.1.	Região estética (localização, indicações, tipos de implantes).....	56
4.4.2.	Região maxilar e mandibular posterior	57
4.5.	Técnicas cirúrgicas	58
4.5.1.	Técnica de retalho aberto (indicações, vantagens, desvantagens).....	58
4.5.2.	Técnica de <i>Flapless</i> (indicações, vantagens, desvantagens).	59
4.6.	Planeamento da reabilitação protética	63
III.	CONCLUSÃO	69
IV.	BIBLIOGRAFIA	73

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Imagem radiográfica, ortopantomografia. radiografia cedida pelo Doutor Eugénio Pereira	19
Figura 2. Imagem radiográfica, radiografia periapical. Observa-se implante osteointegrado. Adaptado de (Nagarajan et al., 2014).	21
Figura 3. Imagens radiográficas de reconstruções secundárias de vários programas de software de CBCT. (A) Reconstrução Panorâmica bidimensional (2D). (B) Planificação de implantes com reproduções 2D e um traçado do nervo mandibular. Adaptado de (Abramovitch & Rice, 2014)	25
Figura 4. Imagem radiográfica demonstrativa em que o <i>software</i> de planeamento combina a radiografia pré-operatória com a localização final do dente e o exame CBCT. Adaptado de (Ludlow & Renne, 2017)	26
Figura 5. Imagem elucidativa das etapas do planeamento de reabilitação oral pela técnica convencional de instalação de implantes dentários. Adaptado de (Flügge et al., 2022)	29
Figura 6. Etapas do planeamento de reabilitação oral com cirurgia guiada. Adaptado de (Flügge et al., 2022).....	30
Figura 7. Correlação numérica entre ficheiros DICOM e STL Adaptado de (Carosi et al., 2020).....	32
Figura 8. Resumo dos procedimentos da cirurgia guiada. Adaptado de (Lin et al., 2020)	32
Figura 9. (A) Guia radiográfica com prótese removível. (B) Stent termoplástico. Adaptado de (De Kok et al., 2014)	34
Figura 10. Guia radiográfica com dentes radiopacos incorporados numa prótese removível. Adaptado de (Kok et al., 2014)	34

Figura 11. Duplicação do enceramento de diagnóstico e elaboração de guia. Adaptado de (Vercruyssen et al., 2014).....	35
Figura 12. Imagens representativas de cubo x ligado ao duplicado de uma prótese. Adaptado de (Vercruyssen et al., 2014)	36
Figura 13. Imagem demonstra um guia estático feito por tomografia computadorizada. Adaptado de (Block & Emery, 2016)	36
Figura 14. Produção assistida por computador (CAD/CAM) da guia cirúrgica. Adaptado de (Geng et al., 2015).	37
Figura 15. Imagem intraoral, elucidativa de uma guia de um suporte dentário. Adaptado de (Geng et al., 2015).	39
Figura 16. Imagem intra-operatória de uma guia cirúrgica com suporte ósseo. Adaptado de (Tatakis et al., 2019)	40
Figura 17. Guia cirúrgico com suporte na mucosa fechada. Adaptado de (Gargallo-Albiol et al., 2019)	40
Figura 18. Representação de uma guia cirúrgica e respetiva manga (3Dcelo Protocolo cirúrgico para cirurgia guiada por implantes, n.d.)	41
Figura 19. Representação do conceito de orientação dinâmica (Deeb et al., 2020); (B) Procedimento cirúrgico com sistema de navegação dinâmica. Adaptado de (Panchal et al., 2019).....	43
Figura 20 - Representação dos dispositivos intra-orais utilizados durante a cirurgia dinâmica. Adaptado de (Panchal et al., 2019)	45
Figura 21. Classificação dos diferentes tipos de sistemas de navegação em cirurgia guiada Adaptado de (Gargallo-Albiol et al., 2019).....	47

Figura 22. Imagens intraoperatórias nas quais se observam as etapas da cirurgia totalmente guiada. Adaptado de (Chen et al., 2020).....	47
Figura 23. Imagens intra-operatórias.) A, B, C) Etapas da cirurgia parcialmente guiada. Adaptado de (Chen et al., 2020)	50
Figura 24. Guia cirúrgico para implantação posterior. Adaptado de (Atsu, 2006)	58
Figura 25. Cirurgia de retalho aberto. Diferentes tipos de retalhos. Fotografias cirúrgicas. Cedida pelo Doutor Eugénio Pereira.....	58
Figura 26. Cirurgia guiada sem retalho. Adaptado de (Li et al., 2019)	59
Figura 27. <i>Digital smile system</i> (Giacomelli et al., 2018)	64
Figura 28 - Protótipo de resina baseado em ficheiros DSS, DICOM e STL (Lavorgna et al., 2018)	65
Figura 29. A) <i>Scan bodies</i> ligado a um implante B) Verificação da posição do implante utilizando software (Lin et al., 2020)	66
Figura 30. Fabrico digital do pilar definitivo e da restauração (Ludlow & Renne, 2017)	67

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 – Contraindicações associadas à reabilitação oral com implantes dentários.

Adaptado de (Diz et al., 2013; Zitzmann et al., 2008; Gómez-de Diego et al., 2014)

.....17

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

CAD- Conceção assistida por computador

CAM- Fabrico assistido por computador

CBCT- Tomografia computadorizada de feixe cónico

CDX- CoDiagnostiX

DICOM- *Digital imaging and communication in medicine*

DSD- *Digital Smile design*

IST- Estúdio de implantologia

NC- Nobel Clinician

SIM- Simplant

SMP- Smop

STL- *Standard tessellation language*

I. INTRODUÇÃO

A implantologia dentária é uma opção de tratamento amplamente generalizada, segura e previsível, que tem como objetivo a substituição dos dentes em falta, pelo que os implantes dentários são considerados como raízes artificiais, que suportam uma estrutura protética com finalidade de restituir a função mastigatória (Block ,2018).

A implantologia moderna tornou-se um sucesso na prática clínica diária, oferecendo variadas vantagens com resultados previsíveis e muito satisfatórios a longo prazo, quando comparadas com as reabilitações protéticas convencionais fixas ou removíveis (Bohner et al.,2022).

Desde a década de 1980, que a reabilitação oral com implantes dentários continuou a progredir graças ao pioneiro da implantologia moderna, o Professor Bränemark, PI e à sua revolucionária descoberta sobre a osteointegração. De facto, os implantes foram instalados num determinado volume ósseo disponível sem haver preocupação com o posicionamento protético, apenas a osteointegração garantiu o sucesso do tratamento (Greenberg, 2015). Ao mesmo tempo, a imagiologia continuou a sua progressão em 1972 com o britânico Hounsfield, que graças à sua nova técnica seccional de imagiologia a tomografometria (TDM) ou scanner Rx, despertou o interesse dos cirurgiões, para a avaliação dos locais a reabilitar com implantes dentários (Cavézian, 2007). Desde então, a implantologia conheceu um crescimento sem precedentes, com o aparecimento de novas ferramentas como o feixe cónico em substituição do scanner de raios X, oferecendo uma visualização das bases ósseas e dos obstáculos anatómicos em três dimensões e da região orofacial, que constitui parâmetros primordiais no sucesso da colocação de implantes. De facto, a tomografia computadorizada de feixe cónico tornou possível melhorar tanto a qualidade da imagem como a exposição à radiação (Nasseh & Al-Rawi, 2018). Nos últimos anos, a combinação de três fatores, nomeadamente a evolução da implantologia moderna, as técnicas de imagem, e a revolução digital com o desenvolvimento de software de planeamento e a produção de guias cirúrgicos, levou ao aparecimento de um novo protocolo nos anos 90, a implantologia assistida por computador ou a implantologia guiada (Bohner et al., 2022).

De facto, a informatização tornou-se fundamental nas fases de diagnóstico e terapêutica, incluindo o planeamento pré-operatório para a colocação de implantes (De Cunha et al., 2021). Além disso, o recente aparecimento de software específico em implantologia guiada traz uma abordagem virtual para o planeamento do tratamento cirúrgico com implantes. Inicialmente, este planeamento foi feito em 2D, depois a simulação do posicionamento do implante em três dimensões tornou-se possível graças ao *software* de planeamento (Mora et al., 2014).

Apareceram vários programas de software de implantologia assistida por computador, como: *simplant*, *surgicase*, *medscanII*, *medicim litorim*, *implant 3D*, *logiciel 3D Sentscan*, *Stealth station*, *EasyGuide Protocol*, *Stealth station*, e *Procera Nobel Guide software* (Nobel Biocare) em que este último é mais comumente utilizado. Estes programas não são de todo idênticos, cada um deles tem a sua própria estrutura e lógica. A familiarização com os sistemas é essencial para beneficiar plenamente das suas características (De Almeida et al., 2010).

Durante as cirurgias guiadas, os dados digitais do planeamento virtual são integrados num fluxo de trabalho digital contínuo permitindo uma melhoria na orientação do posicionamento dos implantes através da integração do futuro projeto protético, permitindo uma melhor visualização da morfologia óssea e um melhor sucesso dos implantes (De Almeida et al., 2010).

O procedimento inovador da cirurgia guiada no campo dos implantes dentários foi classificado em dois sistemas de navegação: navegação dinâmica e navegação estática. Estes métodos melhoraram tanto o desempenho do profissional principiante como a transferência do implante para a posição pretendida com maior precisão do que a técnica convencional à mão livre (Wang et al., 2022).

Anteriormente, a cirurgia guiada só era utilizada para casos complexos devido ao seu custo, mas atualmente a cirurgia guiada está cada vez mais integrada nos planos de tratamento, devido às suas vantagens, tais como: a preservação das estruturas anatómicas maxilares, permitindo alcançar uma função e estética imediatas ao mesmo tempo que é menos invasiva diminuindo o desconforto pós-operatório para o paciente (Zhou et al., 2018).

II. DESENVOLVIMENTO

1. Avaliação e análise da situação clínica

1.1. Exame clínico

Na realização da primeira consulta de avaliação clínica ao paciente, o médico dentista deve avaliar necessidades, motivação e expectativas do paciente, que podem ser estéticas e/ou funcionais. A consulta tem como objetivo informar o paciente sobre as diversas propostas terapêuticas a considerar, respondendo tanto quanto possível aos desejos do paciente, sendo que o paciente deve ter liberdade para escolher qual o tratamento que melhor se enquadra dentro das suas possibilidades (Stevens & Frazier, 2021).

A consulta pré-operatória, deve contemplar a realização de um exame médico detalhado, através de um questionário clínico sobre a história médica e cirúrgica, bem como os exames imagiológicos e serológicos necessários que permitam recolher dados relativos à saúde geral do paciente (Zitzmann et al., 2008). Esta consulta constitui uma etapa essencial no processo de planeamento do tratamento. Um exame clínico preciso e abrangente tem como objetivo principal a avaliação dos riscos associados à reabilitação oral, permitindo a antecipação de complicações cirúrgicas, o paciente deve ser sempre avisado dos possíveis riscos cirúrgicos (Stevens & Frazier, 2021).

De facto, alguns pacientes podem aparentar bom estado de saúde ao submeterem-se a um tratamento de reabilitação oral com implantes dentários, e que podem ser portadores de doenças sistémicas subjacentes graves ou estarem sob medicação, e que os poderia colocar de alguma forma em risco de saúde, ou até interferir com o sucesso do plano de tratamento proposto. Estes factos ocultos poderiam constituir uma contraindicação cirúrgica.

Em alguns casos clínicos, é necessário um intercâmbio multidisciplinar, pelo que a colaboração das diferentes especialidades médicas com o cirurgião, determinará se a intervenção cirúrgica deve ou não ser autorizada (Diz et al., 2013).

Estas contraindicações podem ser classificadas em três categorias (Tabela 1): contraindicações absolutas, em que a colocação de implantes dentários não pode ser considerada, tratando-se de contraindicações raras (Baudoin & Bennani, 2003); as contra-indicações relativas em que estas são mais frequentes e, a colocação de implantes dentários a qual só é considerada após estabilização da patologia associada e após a implementação de uma solução terapêutica (Diz et al., 2013); e por fim as contraindicações locais em que as quais se relacionam com problemas localizados na mucosa oral e nos maxilares, neste caso, a colocação de implantes dentários pode ser considerada como precaução adicional.

É essencial a realização de uma avaliação clínica cuidadosa e completa do paciente, por forma a evitar ou minimizar as complicações pré e pós-operatórias (Diz et al., 2013). Uma vez que estes pacientes estão sujeitos a um risco acrescido resultante da interação entre a patologia e a cirurgia, o controlo médico da patologia associada torna-se mais importante do que a própria doença e prova a necessidade da aplicação de exames médicos específicos (Gómez-de Diego et al., 2014).

Tabela 1 – Contraindicações associadas à reabilitação oral com implantes dentários. Adaptado de (Diz et al., 2013; Zitzmann et al., 2008; Gómez-de Diego et al., 2014).

CONDICIONANTES RELATIVAS	CONTRAINDICAÇÕES ABSOLUTAS TEMPORÁRIAS	CONTRAINDICAÇÕES LOCAIS TEMPORÁRIAS
• Álcool • Tabagismo • Diabetes não controlada • Osteoporose • Doença cardiovascular de risco baixo/moderado de endocardite infecciosa • Insuficiência coronária • Hiper e Hipo - Tiroidismo • Doentes submetidos a corticoterapia • Doença de Crohn • Depressão • Gravidez	• Doença cardiovascular grave e/ou descompensada • Transplante de válvula cardíaca • Doente imunocomprometido • Doença psicótica grave • Discrasia hemorrágica • Patologia oncológica • Idade pediátrica • Tratamento radioterapia cabeça/pescoço • Osteonecrose por bifosfonatos • Quimioterapia	• Dermatose oral • Lesões ósseas adjacentes ao implante • Bruxismo • Oclusão • Periodontite • Doença da ATM • Infecções pós operatórias

1.2. Exame imagiológico

O planeamento correto da reabilitação oral com implantes dentários constitui um dos pilares no sucesso do tratamento, durante as fases pré e pós-operatória, a avaliação imagiológica apresenta um papel muito importante no que se refere ao controle e confirmação dos objetivos traçados (Chan et al., 2010).

A seleção dos exames radiográficos tem em conta vários fatores, tais como os dados obtidos da avaliação clínica do paciente, suas indicações, bem como as vantagens e desvantagens das diferentes técnicas radiográficas (Beshtawi et al., 2021).

De facto, os exames radiográficos pré-operatórios são essenciais não só para determinar a quantidade, qualidade e angulação das estruturas óssea existentes (Ahmed et al., 2020), bem como para identificar estruturas ósseas anatómicas adjacentes a preservar (Zitzmann et al., 2008), mas também para avaliar a presença potencial da patologia que pode ter impacto no sucesso da futura reabilitação (Ahmed et al., 2020).

Em implantologia, podem ser utilizados diferentes métodos radiográficos que servem como meios auxiliares de diagnóstico, como por exemplo: as radiografias extra-orais (ortopantomografia, radiografia de perfil cefalométrico), as radiografias intra-orais (radiografias periapicais, e radiografias oclusais), a tomografia axial computadorizada, o CBCT (Tomografia Computorizada de Feixe Cónico) (Nagarajan et al., 2014).

Em alguns casos, a telerradiografia lateral do crânio, que mostra o sector lateral da área maxilofacial (Beshtawi et al., 2021) pode ser utilizada para a avaliação pré-operatória de uma regeneração óssea com finalidade de reabilitação com implantes dentários (Ahmed et al., 2020)

Esta técnica pode ser útil para planear cirurgias de implantes em áreas edêntulas localizadas no nível medial, uma vez que permite obter uma vista transversal das áreas anteriores do maxilar e visualizar as quantidades de osso em duas dimensões. No entanto, este método é pouco usado por causa da sobreposição de estruturas anatómicas, e dos dentes e osso localizados no lado oposto do maxilar. Se o paciente for posicionado incorretamente, a análise da qualidade do osso pode ser incorreta e pode ocorrer erros de distorção na imagem radiográfico. (Beshtawi et al., 2021).

Para além disso, pode também ser utilizada a ressonância magnética, mas esta técnica representa uma utilização limitada na implantologia, no entanto é interessante no planeamento clínico porque fornece imagens transversais de alto contraste dos tecidos moles com pouco artefacto, tornando possível distinguir radiograficamente os sistemas neurovasculares, a mucosa oral e o tecido ósseo cortical.

No entanto, as limitações desta técnica são a interpretação imprecisa do volume, a variabilidade radiográfica do tecido mineral ósseo, o tempo, o custo e os artefactos metálicos (Beshtawi et al., 2021).

1.3. Imagens bidimensionais

As radiografias são imagens 2D que representam objetos 3D. Na área da implantologia, estas representações 2D são frequentemente utilizadas, especialmente através de radiografias peri-apicais e ortopantomografias (Figura 1 e 2) (Chan et al., 2010).

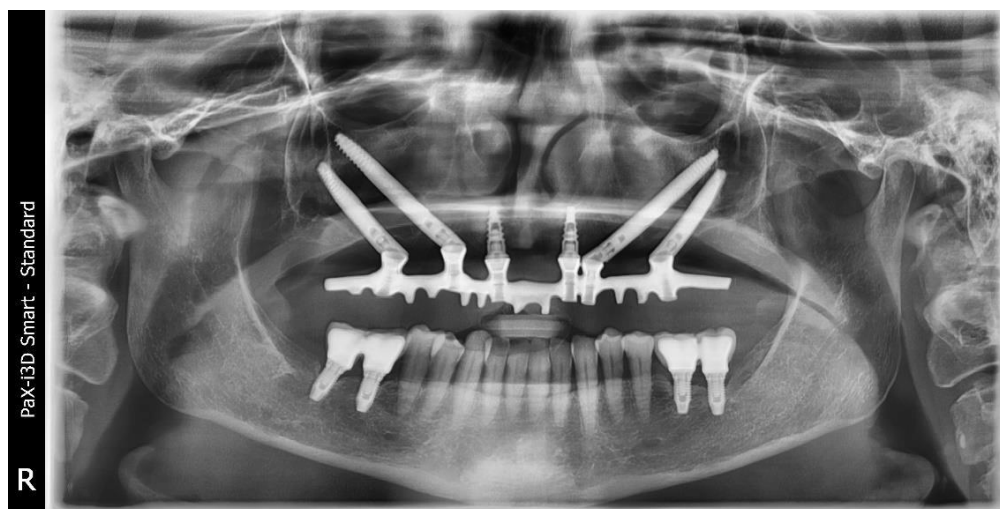


Figura 1. Imagem radiográfica, Ortopantomografia. Radiografia cedida pelo Doutor Eugénio Pereira.

1.3.1. Ortopantomografia

Constitui o primeiro exame intencional no diagnóstico inicial e durante o planeamento do tratamento com implantes dentários, permite ter uma visão geral da condição de saúde oral do paciente, tendo em particular uma visão global da estrutura óssea dos maxilares na direção ântero-posterior e vertical, dos processos anatómicos e das possíveis patologias existentes.

No entanto, apesar do seu baixo custo e disponibilidade, este exame ainda carece de precisão e permanece pouco fiável na visualização das estruturas ósseas, seus volumes bem, como da dentição, devido à sua ampliação de menos de 30% (Chan et al., 2010), o que produz sobreposições ou extensão das estruturas anatómicas (Stevens & Frazier, 2021), para além de um mau posicionamento do paciente e uma má resolução, podem inclusivé induzir as análises em erro. No entanto, de acordo com as recomendações da Academia Americana de Radiologia Oral e Maxilofacial, a imagem panorâmica é

utilizada e prescrita frequentemente no acompanhamento pós-operatório da reabilitação com implante dentários (Klokkevold, 2015; Kim et al., 2020; Beshtawi et al., 2021).

As estruturas anatômicas possíveis de serem observadas através deste exame radiográfico são: os seios maxilares, canal do nervo dentário inferior, posição do canal mandibular, localização do foramen mentoniano, densidade do tecido ósseo alveolar, a fossa nasal, as articulações temporomandibulares (Chan et al., 2010).

1.3.2. Radiografia apical

A radiografia periapical (Figura 2) é uma técnica comumente utilizada em implantologia, que complementa ortopantomografia e permite a visualização de um número limitado de dentes. (Chan et al, 2010). Esta técnica utiliza um método de cone paralelo que permite uma avaliação precisa da orientação das raízes adjacentes ao espaço endêntulo e possíveis dimensões do local da instalação do implante, tanto na dimensão vertical como na dimensão mesiodistal (Beshtawi et al., 2021).

Esta avaliação radiográfica é essencial para determinar se o implante pode ser colocado em segurança. Além disso, esta técnica minimiza distorções geométricas e oferece uma melhor resolução (Ahmed et al., 2020), o que é útil na detecção de lesões de cárie dentária, identificação de falta da passividade entre componentes implantares. Em suma, a radiografia peri-apical é uma ferramenta inestimável em Medicina Dentária, nomeadamente na área da cirurgia oral e implantologia (Beshtawi et al., 2021).

Embora se saiba que a radiografia periapical produz uma distorção mínima (Ahmed et al., 2020), é importante ter em conta certos fatores que podem afetar a precisão dos resultados geométricos, tais como a atitude do paciente e a habilidade do operador, que podem desempenhar um papel crucial na qualidade das imagens radiográficas obtidas (Nagarajan et al., 2014).

Além disso, em casos de edentulismo severo, é importante ser cuidadoso na realização das radiografias periapicais, pois estas podem ser inconsistentes e pouco fiáveis. É também importante notar que a relação anatômica das estruturas vitais com a

proximidade do local cirúrgico, pode não ser revelada com precisão, o que pode limitar a utilização da radiografia periapical em algumas situações (Beshtawi et al., 2021).

A radiografia periapical (Figura 2) é importante na avaliação do potencial local do implante na fase pré-operatória (Beshtawi et al., 2021) e na fase pós-operatória no controle da perda óssea alveolar periimplantar (Luthra et al., 2012). Também é útil durante a fase da reabilitação protética para verificar a presença de extravasamento do material de cimentação, bem como para avaliar a osteointegração do implante (Beshtawi et al., 2021).

Além disso, é importante na fase pós-operatória, pois é considerada mais vantajosa do que o CBCT na monitorização da região peri-implantar, devido à presença de artefactos de endurecimento causados por materiais rádio-opacos, tais como implantes ou objetos metálicos. Em suma, a radiografia peri-apical é uma ferramenta versátil que permanece essencial durante toda a reabilitação oral com implantes dentários, desde o planeamento até à fase de reabilitação final (Beshtawi et al., 2021).



Figura 2. Imagem radiográfica, radiografia periapical. Observa-se implante osteointegrado.
Adaptado de (Nagarajan et al., 2014).

1.4. Imagens tridimensionais

Infelizmente, as radiografias bidimensionais convencionais não fornecem informação sobre as dimensões transversais que correspondem à espessura óssea, e que são cruciais para o planeamento de implantes (Stevens & Frazier, 2021), o cirurgião terá sempre de complementar estes exames bidimensionais com exames tridimensionais.

A necessidade de exames tridimensionais dependerá de vários fatores tais como: as características anatômicas da área a reabilitar, a complexidade da técnica cirúrgica e futura reabilitação protética (Tyndall & Brookss., 2000), e também da experiência do cirurgião (Dau et al., 2017).

1.4.1. Tomografia computadorizada

A tomografia computadorizada (CT) é uma técnica de imagem avançada que proporciona imagens tridimensionais, incluindo o potencial local do implante dentário e estruturas ósseas circundantes (Chan et al., 2010). A CT é particularmente útil na reabilitação oral com implantes, uma vez que fornece uma avaliação quantitativa e qualitativa fiável do tecido ósseo, é essencial para que a reabilitação implantar seja bem-sucedida. É normalmente realizada após estudos oclusais, wax-ups e modelos radiográficos.

No entanto, existem algumas desvantagens na digitalização da CT, incluindo a geração de doses elevadas de radiação em comparação com os exames radiográficos convencionais, o que pode ser uma preocupação para alguns pacientes. Além disso, o CT pode ser mais dispendioso do que outras técnicas imagiológicas, além de que nem sempre se encontram disponíveis (Hussain et al., 2017).

Existe também o risco de existirem artefactos de volume, resultantes de objetos metálicos ou do movimento do paciente durante a realização do exame (Nagarajan et al., 2014).

A realização da Tomografia Computorizada de Feixe Cónico está indicada na fase de planeamento, em situações de proximidade de estruturas anatômicas importantes ao local de instalação dos implantes, nos casos de pouca disponibilidade óssea vertical ou horizontal, em casos de complicações clínicas pós-operatórias e nas cirurgias assistidas por computador (Beshtawi et al., 2021).

Deve se tomar em conta os benefícios e riscos da utilização desta técnica imagiológica (CT) na reabilitação oral com implantes. Em alguns casos clínicos e dependendo das necessidades e situação do paciente, pode-se indicar outras técnicas mais apropriadas (Nagarajan et al., 2014).

1.4.2. Tomografia de feixe cônico (CBCT)

A tomografia de feixe cônico (CBCT) (Figura 3) é um dispositivo de imagem tridimensional. É a técnica mais avançada atualmente disponível para reconstruir imagens precisas e detalhadas de uma determinada área, utilizando um feixe de raios X em forma de cone e recetores de raios X digitais. A vantagem desta técnica é fornecer imagens em diferentes planos sem distorção ou sobreposição e com melhor resolução do que os filmes convencionais. Além disso, permite que todo o volume seja explorado por uma rotação completa de 360° ou semi completa de 180°, fornecendo assim mais imagens e informação de diagnóstico (Venkatesh & Elluru, 2017). No campo da medicina dentária, o CBCT provou a sua eficácia e a sua aplicação é agora generalizada em muitas especialidades dentárias.

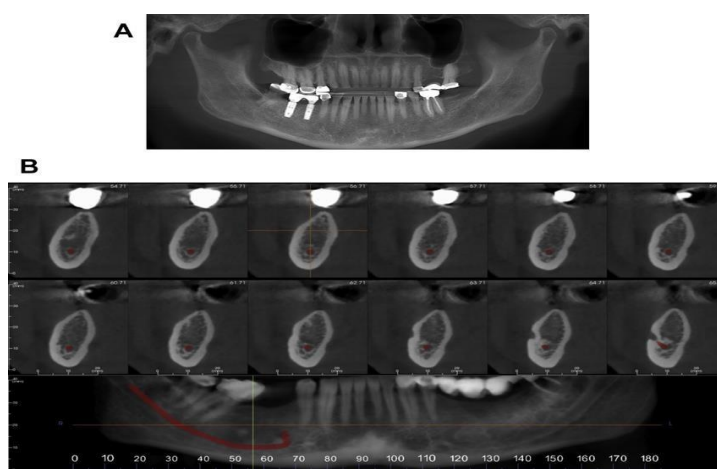


Figura 3. Imagens radiográficas de reconstruções secundárias de vários programas de *software* de CBCT. (A) Reconstrução panorâmica bidimensional (2D). (B) Planificação de implantes com reproduções 2D e um traçado do nervo mandibular. Adaptado de (Abramovitch & Rice, 2014).

Na implantologia, este *scanner* pode ser utilizado nas diferentes fases de tratamento, particularmente na fase de planeamento da colocação dos implantes dentários, no qual tem particular interesse na delimitação do campo de visão do potencial local de instalação do implante.

É também possível realizar mensurações lineares precisas e fiáveis, as representações anatómicas apresentam melhor resolução promovendo uma redução no risco de dano das estruturas anatómicas adjacentes, permite ainda a avaliação da densidade óssea e espessura das corticais ósseas.

Apresenta menor exposição à radiação em comparação com os exames tradicionais (CT) o que constitui uma vantagem para este tipo de procedimento (Hussain et al., 2017).

Durante a fase cirúrgica, a Academia Americana de Radiologia Oral e Maxilofacial, recomenda ao profissional a realização de CBCT se se verificar mobilidade do implante dentário ou quando o paciente se apercebe de alguma alteração (Beshtawi et al., 2021).

Este exame também tem indicação na fase pós-reabilitação na presença de complicações associadas à cirurgia com implantes, tais como alterações sensoriais e infeções persistentes nos seios maxilares (Beshtawi et al., 2021), (Harris et al., 2002). Este exame é também utilizado como método de diagnóstico precoce da peri-implantite (Kim et al., 2020).

Ao contrário da colocação convencional de implantes dentários, no caso de reabilitação oral com implantes dentários assistidos por computador, o CBCT desempenha um papel importante, sendo obrigatória nas diversas etapas de tratamento. A simulação virtual das etapas cirúrgicas e protéticas é implementada pela integração dos volumes de CBCT (e/ou CT) como dados DICOM (*Digital Imaging and Communications in Medicine*) no software de planeamento.

Os dados DICOM são utilizados para criar guias cirúrgicas planeadas por computador a partir dos dados do CBCT. Esta simulação é então transferida para o local cirúrgico utilizando uma guia cirúrgica ou molde impresso com uma impressora 3D. Estes modelos de estudo permitem auxiliar o cirurgião na instalação dos implantes em posições referidas como ideais e precisas (Nagarajan et al., 2014).

As desvantagens deste exame tridimensional incluem a falta de nitidez das imagens CBCT afetadas por artefactos (Rios et al., 2017), principalmente artefactos devido a restaurações dentárias ou movimentos do paciente, e baixo contraste dos tecidos moles (Jacobs et al., 2018).

Além disso, para se otimizar a utilização do CBCT, é imprescindível que o cirurgião realize formação específica nesta área, evitando assim erros de interpretação que possam conduzir a um diagnóstico e planeamento errado (Kim et al., 2020).

2. Planeamento Pré-operatório

2.1. Meios de diagnóstico imagiológicos

A imagiologia constitui parte integrante do planeamento e do sucesso do tratamento com implantes dentários a longo prazo (Chan et al., 2010). Convencionalmente, o planeamento da reabilitação oral com implantes dentários, baseia-se na avaliação clínica e de radiografias (Kernen et al., 2020).

No entanto, estas imagens bidimensionais apresentam certas limitações aos cirurgiões na avaliação do volume ósseo, como as radiografias intra-orais e a ortopantomografia em que se pode observar em alguns casos, sobreposição de várias estruturas anatómicas (Fortin et al., 2013).

Graças aos avanços tecnológicos, as imagens tridimensionais são atualmente utilizadas como exame imagiológico importante para fins de planeamento clínico, fornecendo informações mais precisas sobre a anatomia adjacente ao local a intervir, em particular o osso residual e as estruturas nervosas (Kernen et al., 2020). Este exame possibilita ao cirurgião, previamente à cirurgia, determinar e estabelecer as dimensões do leito recetor como a largura e profundidade, e a dimensão do implante, facilitando o planeamento da reabilitação (Ludlow & Renne, 2017).

Para além disso, este método demonstrou ser seguro devido às baixas doses de radiação. No entanto, este método por si só não permite a visualização de toda a superfície do dente, razão pela qual as tomografias computadorizadas e os CBCTs são sobrepostas a um modelo dentário virtual obtido a partir de um exame ótico intra-oral ou de um exame extra-oral de impressões ou modelos de gesso (Kernen et al., 2020). Na verdade, existem outros elementos no planeamento pré-operatório, como os dispositivos de digitalização intra-oral que criam os modelos digitais e a conceção dos enceramentos de diagnóstico. A integração destes dados em combinação com o CBCT resulta num planeamento bem-sucedido (Kernen et al., 2020).

2.2. Software de planeamento e imagem 3D

Nos últimos anos, o planeamento cirúrgico em implantologia, avançou significativamente graças à criação de *software* capaz de integrar dados de diferentes dispositivos da imagem tridimensional. Estas novas ferramentas digitais estabelecem uma ligação entre a avaliação anatómica, o planeamento cirúrgico e as necessidades protéticas (Tatakis et al., 2019). Após a obtenção de dados da tomografia computadorizada de feixe cónico (CBCT), as imagens resultantes são normalmente guardadas como ficheiros *Digital Imaging and Communications in Medicine* (DICOM).

O DICOM é amplamente utilizado para o armazenamento, a transmissão e a partilha de imagens médicas digitais, é realizada através de software de processamento de dados de CBCT (Kernen et al., 2020). Todo o *software* de planeamento dos diversos tratamentos, está disponível no mercado, sendo compatível com este formato (Tatakis et al., 2019).

Atualmente, implantologia utiliza o *software* de planeamento com ferramenta complementar, particularmente na cirurgia guiada por computador (estática) e na cirurgia assistida por computador (dinâmica) (Tatakis et al., 2019).

Além disso, o planeamento em implantologia através do CBCT, tem a vantagem de fornecer informações sobre a futura estrutura da reabilitação protética, bem como prever o ângulo do pilar do implante e auxiliar a colocação do implante com a orientação da prótese (Figura 4). Também é útil nos casos de reconstrução óssea pré-implantar, uma vez que permite avaliar e prever a quantidade de tecido ósseo a enxertar (Greenberg, 2015).

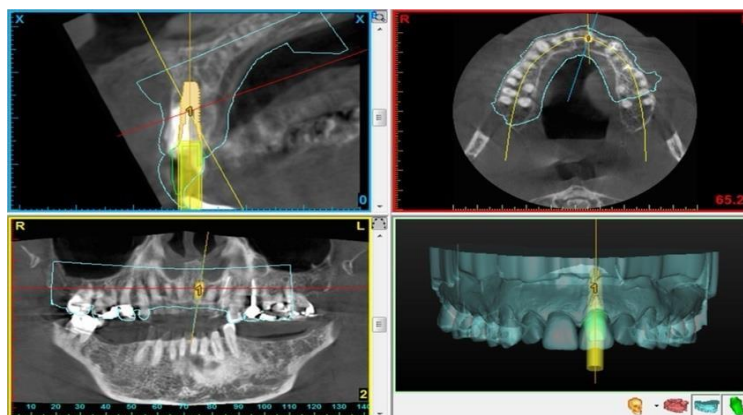


Figura 4. Imagem radiográfica demonstrativa em que o *software* de planeamento combina a radiografia pré-operatória com a localização final do dente e o exame CBCT. Adaptado de (Ludlow & Renne, 2017).

Atualmente, existem vários sistemas de *software* de planeamento de implantes virtuais, e que são: coDiagnostiX, (DentalWings, Implant Pro, (Dentsply); Smop, (Swissmeda, Suíça); NobelClinician, (Nobel Biocare, Suíça); Implant Studio, (3Shape); Planter (Materialise Dental Inc); Invivo5 (Anatomie); (Cybermed inc.), (BioHorizons, Inc), (BlueSkyBio, LLC); stentcad (Multimedia laboratory software) (Keystone-Dentaire); Implant Logic (Implant Logic System, Ltd), implant master (I-Dent Imaging Ltd); Médical3d (med3D SA); system navigation guide (Humboldt-Universität); Sidexis4 (Dentsply Sirona) (Tatakis et al., 2019 ; Kern et al., 2020).

O *software* de planeamento de implantes dentários, permite posicionar virtualmente diferentes tipos de implantes dentários e escolher as suas características, como a altura, a inclinação e a rotação. Também fornece informações sobre a presença ou ausência de defeitos ósseos. Uma vez selecionado o implante definitivo com o *software*, a sua posição é validada nas imagens multiplanares e são escolhidas as brocas-guia correspondentes para a cirurgia guiada dos implantes (Flügge et al., 2022).

Flügge e colaboradores, (2022), realizaram um estudo no qual avaliaram as variações entre diferentes sistemas de planeamento digital: CoDiagnostiX (CDX), Simplant (SIM), Smop (SMP), Nobel Clinician (NC), Implantology Studio (IST). Os autores verificaram o seguinte: o sistema SMP foi o único capaz de detetar defeitos ósseos e avaliar o volume ósseo necessário para aumento de volume.

Além disso, este sistema foi capaz de ajustar o tamanho do dente, mas não a morfologia do dente, ao contrário dos outros sistemas CDX, SIM, IST, que foram capazes de ajustar estas características; os sistemas CDX e IST foram os únicos a ser compatíveis com o *software* CAD e a oferecer a possibilidade de importar um desenho protético virtual desenvolvido a partir de *software* CAD; os programas CDX, SIM, SMP, NC e IST foram equipados com reconhecimento semiautomático do trajeto do nervo alveolar inferior e a capacidade de o ajustar.

Atualmente, as versões mais recentes dos programas de planeamento de implantes (CDX, IST, NC) permitem a transferência de fotografias do paciente ou *scans* faciais, embora o registo das estruturas ósseas continue a ser um desafio.

Alguns *softwares* CDX, SIM, SMP e IST podem basear-se num fluxo de trabalho totalmente digitalizado, ao contrário do NC, que pode utilizar apenas uma configuração convencional. No entanto, a versão recente do NC, denominada DTX Studio Implant Version 3.5, pode configurar digitalmente dentes padrão. Para além disso, de todos os sistemas comparados neste estudo, o IST foi o único a permitir a utilização de um articulador virtual (Flügge et al., 2022).

As ferramentas digitais utilizadas durante o planeamento podem ser de *software* fechado, o que significa que só podem ser utilizadas com sistemas de implantes específicos, ou de *software* aberto que pode ser aplicado a qualquer implante dentário (Greenberg, 2015).

Além disso, a formação prévia sobre como utilizar corretamente o *software* de planeamento de implantes pode ser útil para os cirurgiões. No entanto, se os cirurgiões não estiverem familiarizados com o *software*, podem procurar a ajuda de um colega experiente para planear o tratamento (Block & Emery, 2016).

2.3. Métodos de planeamento cirúrgico convencional e digital

Existem várias formas de planear a posição dos implantes na fase pré-operatória, quer através de um sistema de trabalho convencional, quer através de um sistema de trabalho digital (Flügge et al., 2022).

O método de planeamento convencional refere-se a uma abordagem mais tradicional que pode envolver passos manuais e ferramentas não computadorizadas para planear a posição do implante dentário. Pode incluir a utilização de modelos de gesso e radiografias bidimensionais. Este método começa com a criação de modelos de gesso, seguidos da colocação de dentes artificiais num modelo de gesso para simular a disposição dos dentes na boca do paciente (Figura 5). A tala radiográfica de resina com marcadores rádio-opacos estabiliza os dentes artificiais. (Flügge et al., 2022)

Esta guia radiográfica é mantida no modelo quando for realizada a radiografia 2D peri-apical ou ortopantomografia, permitindo o planeamento da guia e o início do procedimento cirúrgico (Flügge et al., 2022).

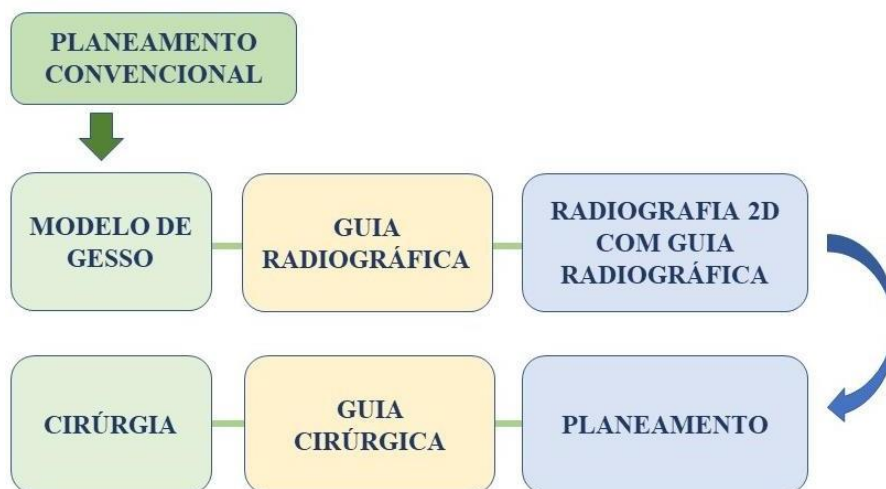


Figura 5. Imagem elucidativa das etapas do planeamento de reabilitação oral pela técnica convencional de instalação de implantes dentários. Adaptado de (Flügge et al., 2022).

O método de planeamento virtual, é realizado através do registo de dados radiográficos pela tomografia computadorizada (TC) ou tomografia computadorizada de feixe cónico (CBCT). Fornece mais informações sobre a densidade óssea, a anatomia e a estrutura da prótese.

Este método utiliza *software* de planeamento 3D para determinar a distância necessária entre implantes e a distância entre o implante e o canal do nervo alveolar inferior (Flügge et al., 2022). Este *software* ajuda a encontrar a localização ideal do implante no osso alveolar, tendo em conta a suas dimensões, bem como a futura reabilitação (Lin et al., 2020).

Os programas de planeamento digital dispõem de uma biblioteca de morfologias dentárias normalizadas, ferramentas de modelação e articuladores virtuais que permitem configurar o futuro implante de forma funcional (Flügge et al., 2022).

O planeamento virtual dos implantes dentários pode ser realizado de várias formas (Figura 6), através de um modelo de gesso e da criação de um *set up*, após o qual os dentes artificiais são inseridos e estabilizados numa tala radiográfica durante a radiografia, seguindo-se o planeamento através de *software* que permitirá produzir a guia para iniciar o procedimento cirúrgico (Flügge et al., 2022).

A utilização desta técnica de programação virtual é semelhante à técnica convencional devido à utilização de modelos radiográficos com marcadores rádio-opacos.

Estes marcadores são necessários em determinadas situações, em que as imagens de CBCT apresentam artefactos, como riscos ou marcas de interferência, causados pela presença de coroas metálicas ou em pacientes com poucos dentes remanescentes, mas também quando a fusão de imagens de CBCT com exames intraorais resulta num alinhamento incorreto (Lin et al., 2020). Outra forma consiste na utilização de um scanner intraoral e um CBCT em paralelo, realiza-se será uma impressão, o modelo de gesso é produzido e digitalizado, seguindo-se o planeamento, que permite a criação da guia e o início da cirurgia (Flügge et al., 2022). A forma totalmente virtual, utiliza um *scanner* intraoral e um CBCT para criar um modelo tridimensional virtual, a partir do qual se pode iniciar o planeamento e a cirurgia (Flügge et al., 2022).



Figura 6. Etapas do planeamento de reabilitação oral com cirurgia guiada.
Adaptado de (Flügge et al., 2022).

2.4. Integração dos dados no *Software* de planeamento

Na era digital, o CBCT e as digitalizações intra e extra-orais tornaram-se essenciais no planeamento de implantes utilizando *software* específico.

Os tecidos duros são visualizados através de CBCT, enquanto os tecidos moles e a prótese são examinados através de exames intra e extra-orais (D’Addazio et al., 2022).

A combinação destes dois métodos e a sobreposição e integração dos seus dados na ferramenta de planeamento digital têm muitas vantagens, incluindo a de facilitar o planeamento da posição e orientação correta do implante (D’Addazio et al., 2022).

2.5. Aquisição de dados STL

Os ficheiros STL (*Standard Tessellation Language*) são derivados de exames intra e extra-orais, a partir dos quais são recolhidos dados geométricos de superfície (Kernen et al., 2020).

2.6. Aquisição de dados DICOM

Os dados de aquisição do scanner encontram-se em formato de ficheiro DICOM. Trata-se de uma norma criada em 1985 pelo ACR (*American College Of Radiology*) e pela NEMA (*National Electric Manufacturers Association*) com o objetivo de uniformizar os dados transmitidos entre equipamentos de radiologia de diferentes fabricantes. Este formato é utilizado por todo o *software* de planeamento de implantes orais. (Delac et al., 2008)

2.7. Fusão de dados STL e DICOM

Atualmente, é possível utilizar software de cirurgia de implantes assistida por computador para sobrepor o ficheiro DICOM obtido a partir do exame CBCT e o ficheiro STL a partir do exame intra-oral para visualizar as estruturas anatómicas em três dimensões (Figura 7) (D’Addazio et al., 2022).

Para alinhar os dois ficheiros de dados, são utilizados pontos comuns entre eles para sobrepor os dois conjuntos de dados. No paciente parcialmente edêntulo, os dentes representam os pontos comuns entre estes ficheiros, e no paciente totalmente edêntulo é o *stent* oral ligado à prótese do paciente. Como os *stents* extra-orais são radiopacos, são visíveis nos ficheiros DICOM e a sua forma permite que sejam visíveis nos ficheiros STL (D’Addazio et al., 2022).

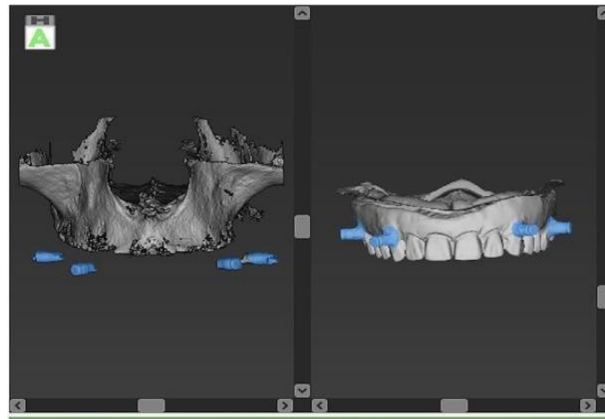


Figura 7. Correlação numérica entre ficheiros DICOM e STL.
Adaptado de (Carosi et al., 2020).

Para melhor compreensão das etapas constituintes da cirurgia guiada, representou-se um esquema elucidativo (Figura 8).

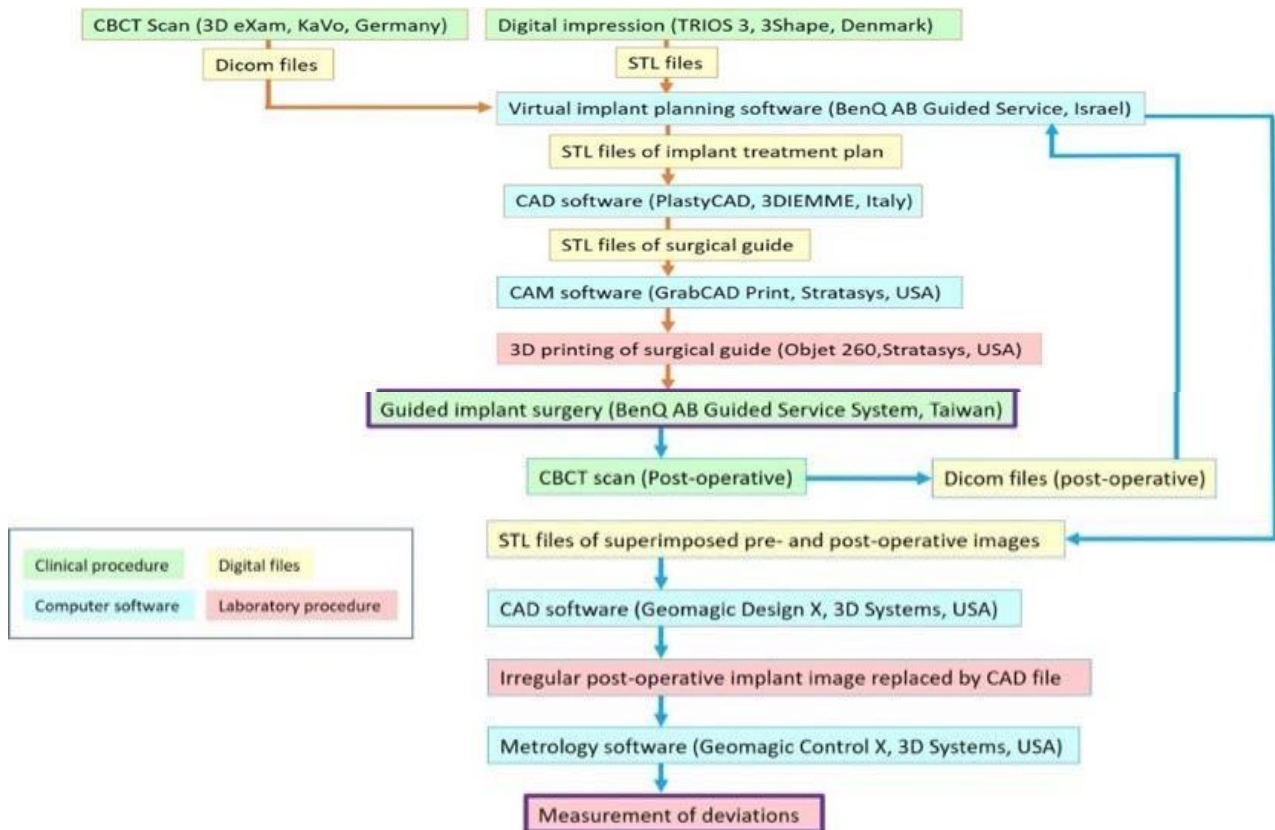


Figura 8. Resumo dos procedimentos da cirurgia guiada. Adaptado de (Lin et al., 2020).

3. Guias radiográficas e cirúrgicas

3.1. Guias radiográficas

O planeamento de implantes dentários requer a utilização de um guia radiográfico bem construído para a realização de diagnóstico radiológico completo (De Kok et al., 2014). De facto, durante a cirurgia guiada, o cirurgião utiliza esta valiosa ferramenta, o modelo radiográfico, que desempenha um papel crucial no sucesso do planeamento dos implantes, uma vez que permite uma transferência precisa do desenho protético previamente planeado.

Além disso, inclui uma variedade de dispositivos de marcação radiopacos, tais como bolas, mangas, discos e tubos de guta-percha, verniz radiopaco, tiras e folhas de chumbo, ou pinos metálicos para garantir a exatidão da medição (Ramasamy et al., 2013).

Estes marcadores auxiliam os profissionais de saúde a realizar tratamentos mais exatos e eficazes, indicando a localização dos dentes e do tecido gengival durante o exame. No caso de um paciente totalmente desdentado, podem ser inseridos entre 6 a 8 marcadores radiopacos na guia (Ramasamy et al., 2013), que serão removidos após a digitalização (De Kok et al., 2014).

Durante a digitalização, é essencial que a guia esteja estabilizada, para tal são utilizados vários meios que garantam tal estabilidade, podem ser através de aplicação de adesivo na prótese do paciente ou através da utilização de um índice de mordida que assegura o posicionamento correto do modelo (Ramasamy et al., 2013).

A guia radiográfica ideal deve incluir o seguinte (De Kok et al., 2014): um indicador rádio-opaco que visualize com precisão a forma e a posição correta dos dentes, minimizando a dispersão; retenção e estabilidade suficientes na boca para garantir o sucesso do planeamento do implante; bom conforto para o paciente durante a impressão e o fabrico da guia; ter capacidade de ser esterilizada, se for utilizada como guia cirúrgica, para evitar o risco de infeção; ter compatibilidade com a plataforma que o

scanner utilizada para o planeamento de implantes, garantindo imagens precisas e fiáveis.

Um *stent* radiográfico pode ser fabricado utilizando diferentes métodos e, ser adaptado à situação clínica do paciente garantindo um planeamento de implantes preciso e bem-sucedido (De Kok et al., 2014). O *Stent* radiográfico pode ser produzido de várias formas: através da utilização de uma prótese existente com marcadores radiopacos para melhor visualização radiográfica (Figura 9 (A)) (Vercruyssen et al., 2014); outra forma é através da utilização de uma cunha termoplástica que é moldada aos dentes e contém marcadores radiopacos para um posicionamento exato aquando da realização de radiografias (Figura 9 (B)) (Vercruyssen et al., 2014); ou através da utilização de dentes radiopacos suportados por um *stent* (Figura 10) (Vercruyssen et al., 2014).



Figura 9. (A) Guia radiográfico com prótese removível. **(B)** *Stent* termoplástico. Adaptado de (De Kok et al., 2014).



Figura 10. Guia radiográfica com dentes radiopacos incorporados numa prótese removível. Adaptado de (Kok et al., 2014).

Outra forma de produção dos *Stent*, é através da realização duplicação de uma prótese ou de um enceramento de diagnóstico em resina radiopaca (Vercruyssen et al., 2014). Este método de produção é utilizado na criação de uma guia radiográfica que permitirá a criação de uma guia cirúrgica elaborada por computador (Figura 11).

Quando um doente utiliza uma prótese pela primeira vez, é normalmente efetuada uma impressão da prótese completa, para determinar a estrutura dentária da prótese com base na função fonética, na estética e na dimensão vertical adequada para a oclusão (Ramamamy et al., 2013).

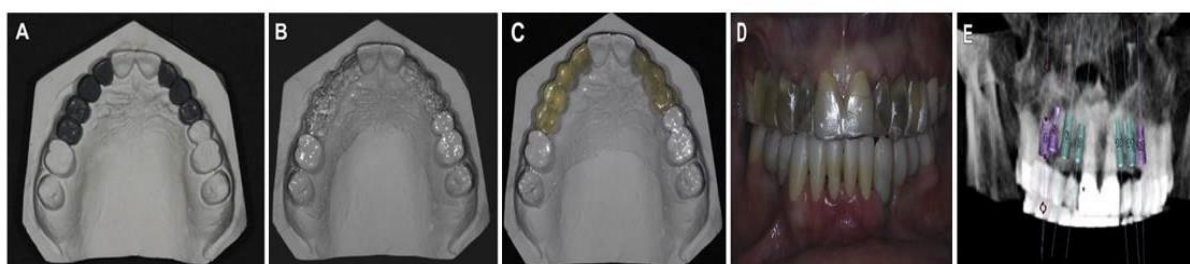


Figura 11. Duplicação do enceramento de diagnóstico e elaboração da guia. Adaptado de (Vercruyssen et al., 2014).

3.2. Guias cirúrgicos

As guias cirúrgicas são ferramentas valiosas, pois oferecem a possibilidade de uma cirurgia minimamente invasiva fiável e previsível, os quais são utilizados em diversas áreas em várias áreas da cirurgia oral, em implantologia e, especialmente, na cirurgia guiada por computador, também designada por cirurgia dinâmica (Figura 12).

A guia cirúrgica é uma parte essencial da cirurgia guiada. É utilizado para orientar a sequência de perfuração e facilitar a instalação do implante. Inclui uma manga de perfuração específica para o sistema de implantes utilizado. A guia cirúrgica é acompanhado por um guião que dita o procedimento ou protocolo cirúrgico para a sequência de perfuração (Vercruyssen et al., 2014).

A guia cirúrgica estática utiliza dados da TAC e permite a transferência do implante da sua posição virtual para a área cirúrgica (Vercruyssen et al., 2014).

Estas guias podem ser: a guia radiológica transformada numa guia cirúrgica com a utilização do x-cube e de um sistema de perfuração robótico (Figura 12) (Vercruyssen et al., 2014).



Figura 12. Imagens representativas de cubo x ligado à duplicação de uma prótese.
Adaptado de (Vercruyssen et al., 2014).

A guia cirúrgica estática, consiste numa guia física que é colocada sobre os dentes do paciente para determinar a localização exata dos implantes (Figura 13). É feito a partir de registos intermaxilares e modelos de gesso. Pode ser utilizado um modelo para recriar a localização virtual do implante, utilizando dados da Tomografia Computorizada, pode ser utilizado um modelo cirúrgico estático.

No entanto, ao contrário da férula cirúrgica dinâmica, esta não permite que a posição do implante seja alterada durante a cirurgia ou a utilização de um sistema de navegação cirúrgica (D'Haese et al., 2016).



Figura 13 – Imagem demonstra um guia estático feito por tomografia computadorizada.
Adaptado de (Block & Emery, 2016).

A guia cirúrgica dinâmica, ao contrário da guia estática, utiliza imagens 3D para planejar a localização precisa dos implantes. É frequentemente utilizado com técnicas CAD/CAM ou CBCT (Gargallo-Albiol et al., 2019).

Este tipo de guia, utiliza sensores para seguir os movimentos da cabeça do paciente, permitindo ao médico ver a localização exata dos implantes em tempo real (figura 14) (Vercruyssen et al., 2014).

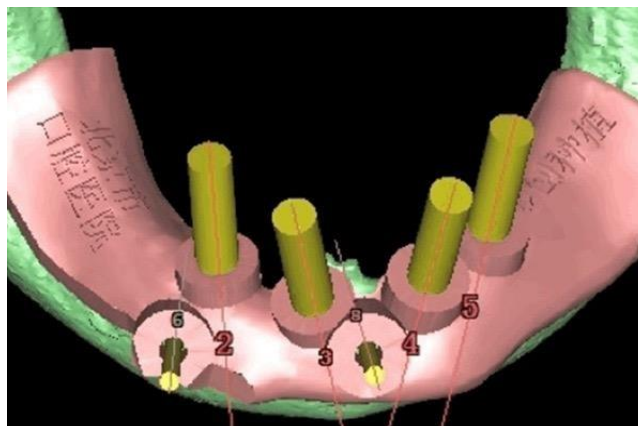


Figura 14. Produção assistida por computador (CAD/CAM) da guia cirúrgica. Adaptado de (Geng et al., 2015).

3.3. Guias estereolitográficos

As guias cirúrgicas podem ser fabricadas manualmente num laboratório dentário ou utilizando tecnologia de conceção e fabrico assistida por computador (CAD/CAM), como a estereolitografia. Este último método envolve a criação de um modelo 3D virtual da anatomia do paciente a partir de uma tomografia computadorizada (TAC) ou de uma ressonância magnética e, em seguida, a conceção e produção da guia utilizando a impressão 3D, a fresagem ou outras técnicas (Vercruyssen et al., 2014).

A estereolitografia é um tipo de fabrico CAD/CAM que utiliza resina e um laser ultravioleta para produzir objetos tridimensionais. O processo envolve a polimerização da resina, camada por camada com o laser e, em seguida, o corte dos contornos do objeto na forma desejada. Este método é frequentemente utilizado para a produção de guias cirúrgicas, implantes dentários e outros dispositivos médicos, bem como para o fabrico de protótipos e peças industriais (Vercruyssen et al., 2014).

Para o fabrico das guias cirúrgicas, é necessário utilizar imagens estereolitográficas a partir de tomografias computadorizadas. Para este efeito, os dados volumétricos serão reformatados em cortes sagitais, axiais e coronais, bem como em cortes transversais e

panorâmicos, utilizando a reformatação multiplano. Com esta tecnologia, são fabricados modelos cirúrgicos com profundidade individual pré-programada, ângulos, posicionamento do implante mesio-distal e vestibulo-lingual (Ramasamy et al., 2013).

Uma vez concluída esta etapa, o cirurgião instala a guia cirúrgica na boca do paciente, o que pode causar compressão e desvanecimento dos tecidos moles. Para manter a guia cirúrgica numa posição estável, é essencial a utilização de um dedo indicador para estabilizar, o que é fixado com parafusos (Vercruyssen et al., 2014).

O cirurgião poderá colocar os implantes correctamente, graças à guia que representa a prótese planeada. Este modelo é incluído nas imagens da tomografia computadorizada e o planeamento vai integrar não só a morfologia do maxilar como também a prótese desejada.

3.4. Classificação das guias em função do tipo de apoio

3.4.1. Apoio dentário

As guias cirúrgicas dentárias ou suportadas por coroas podem ser utilizadas para guiar a instalação de implantes dentários em pacientes parcialmente edêntulos ou mesmo completamente edêntulos. Nestes casos, o suporte ósseo ou mucoso pode ser utilizado ao mesmo tempo para a estabilização da guia cirúrgica. Em pacientes edêntulos, podem ser colocados implantes de transição para otimizar a estabilidade das guias cirúrgicas e aumentar a precisão da colocação dos implantes (Gargallo-Albiol et al., 2019).

Além disso, a colocação de implantes através de guias suportadas por dentes, é de facto mais precisa em pacientes parcialmente edêntulos do que em pacientes totalmente edêntulos. Este fato deve-se à presença dos dentes remanescentes, que estabilizam de uma melhor forma a guia cirúrgica (Geng et al., 2015).

No entanto, a precisão da colocação do implante com estas guias será altamente dependente do planeamento pré-operatório, bem como da eficácia do sistema de orientação utilizado.

De facto, se for utilizada uma sequência de perfuração errada ou se o implante for posicionado incorretamente, tal pode afetar os resultados finais da cirurgia (Gargallo-Albiol et al., 2019).



Figura 15. Imagem intraoral, elucidativa de uma guia de um suporte dentário. Adaptado de (Geng et al., 2015).

3.4.2. Apoio sobre implantes

As guias cirúrgicas especiais, apresentam guias ou pinos miniatura suportados por implantes, e podem ser fixadas aos implantes dentários antes ou durante a cirurgia guiada com implantes.

Este método assegura uma fixação mais robusta e precisa da guia cirúrgica, o que pode melhorar a exatidão e a segurança na instalação dos implantes. Nos casos em que a posição dos implantes dentários é crítica ou em que a densidade óssea é baixa, a utilização de guias cirúrgicas suportadas por implantes é particularmente benéfica (D'Haese et al., 2016).

3.4.3. Apoio ósseo

A principal vantagem da utilização destas guias cirúrgicas é a sua capacidade de evitar os procedimentos de aumento de volume ósseo, contornando os defeitos anatômicos.

Ao fornecer um suporte estável e preciso para a colocação de implantes dentários, as guias ajudam a ultrapassar as limitações anatômicas e a obter resultados mais precisos e eficientes (Figura 16) (Gargallo-Albiol et al., 2019).

No entanto, a técnica cirúrgica com retalho tem várias desvantagens, tais como: o aumento da morbilidade com dor associada e edema pós-operatório que podem exigir uma maior ingestão de fármacos.

Além disso, apresenta maior tempo operatório, resultando num período de recuperação mais longo para o paciente (Gargallo-Albiol et al., 2019). De acordo com a 5ª conferência de consenso da Equipe Internacional de Implantologia, as guias com suporte ósseo são as menos precisas dos diferentes tipos de guias disponíveis (D'Haese et al., 2016).

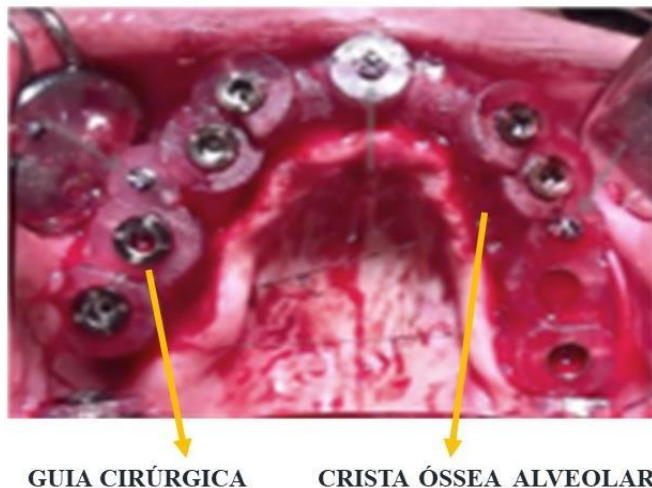


Figura 16. Imagem intra-operatória de uma guia cirúrgica com suporte ósseo.
Adaptado de (Tatakis et al., 2019).

3.4.4. Apoio mucoso

A guia cirúrgica apoiada na mucosa, como o nome sugere, é colocada acima da superfície da mucosa e é geralmente utilizada para guiar a colocação de implantes em pacientes totalmente edêntulos (Figura 17) (D'Haese et al., 2016). No entanto, devido à flexibilidade da mucosa, este tipo de guia é considerado menos estável do que as guias suportadas pelos dentes, uma vez que pode causar micro movimentos que podem afetar a precisão da instalação do implante.

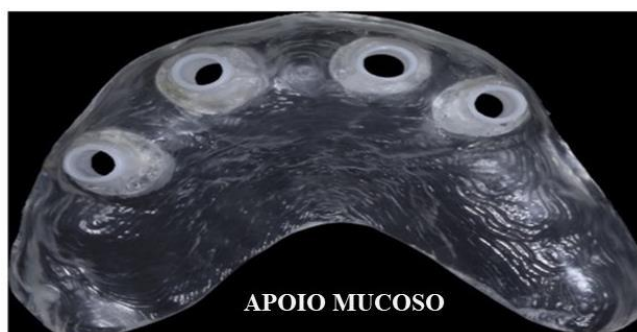


Figura 17. Guia cirúrgica com suporte na mucosa encerrada.
Adaptado de (Gargallo-Albiol et al., 2019).

3.5. Guias fechadas e abertas

As guias fechadas são geralmente mais utilizadas em cirurgia totalmente guiada (D'Haese et al., 2016), mas não permitem que a solução de irrigação entre em contacto direto com as brocas durante a preparação do leito implantar. Este facto pode levar a um aumento da temperatura óssea, e comprometer a cicatrização (Gargallo-Albiol et al., 2019).

Em contraste com as guias cirúrgicas fechadas, as guias abertas permitem um melhor arrefecimento e uma melhor irrigação do tecido ósseo, promovendo melhores resultados na reabilitação oral com implante dentários. As guias cirúrgicas abertas também permitem uma melhor visualização da zona operatória, evitando erros de instalação dos implantes (Gargallo-Albiol et al., 2019).



Figura 18. Representação de uma guia cirúrgica e respetiva manga.
Retirado de: (3Dcelo | Protocolo cirúrgico para cirurgia guiada por implantes, n.d.).

3.6. Limitações das guias

Apesar da utilidade das guias cirúrgicas, alguns erros podem ocorrer devido ao fabrico da guia ou à sua fixação. O desalinhamento e o registo incorreto entre o protótipo virtual do dente e o *scanner* de feixe cónico, podem levar a desvios, que afetam a precisão da cirurgia guiada. Além disso, estudos demonstraram que as guias cirúrgicas fixas, em comparação com as guias móveis, oferecem uma melhor precisão na colocação de implantes dentários. O posicionamento e a correta estabilização da guia cirúrgica, são essenciais para garantir um desempenho seguro e previsível da cirurgia guiada.

Por conseguinte, é importante prestar especial atenção à localização da infiltração do anestésico, que desempenha um papel crucial na estabilidade da guia cirúrgica suportada na mucosa. Se a anestesia provocar edema, este pode alterar a posição da guia, o que pode ter um impacto negativo no resultado da cirurgia.

Por conseguinte, é importante assegurar que a infiltração do anestésico é realizada de forma adequada e precisa para minimizar qualquer risco de alteração da posição da guia cirúrgica (Tatakis et al., 2019).

4. Cirurgia guiada

4.1. Protocolo clínico

Previamente à cirurgia de implantes, o paciente deve seguir um protocolo de preparação que inclui várias etapas, desde a medicação prévia, utilização de vestuário cirúrgico adequado, a assepsia intra-oral. Todo o material cirúrgico deve seguir as recomendações quanto à esterilização e preparação no ambiente cirúrgico (Rees, 2012; Camacho- Alonso et al., 2019; Aparicio et al., 2014).

4.2. Constituintes físicos da cirurgia guiada

Os constituintes físicos englobam todos os meios físicos essenciais para a concretização dos objetivos da reabilitação oral.

No caso da cirurgia guiada, fazem parte os exames de diagnóstico, os modelos tridimensionais, os guias cirúrgicos, os kits cirúrgicos para cirurgia guiada de implantes, conjunto de campos operatórios esterilizados, as próteses provisórias para carga imediata (3Dcelo | Protocolo cirúrgico para cirurgia de implantes guiada, n.d.).

4.3. Protocolo cirúrgico

4.3.1. Navegação dinâmica

Atualmente, existem dois sistemas de navegação utilizados na cirurgia guiada que permitem transferir o planeamento digital do computador para o campo operatório: a navegação estática e a navegação dinâmica.

Independentemente da experiência do cirurgião, estes dois sistemas de navegação proporcionam uma maior precisão na instalação dos implantes do que a instalação à mão livre (Panchal et al., 2019).

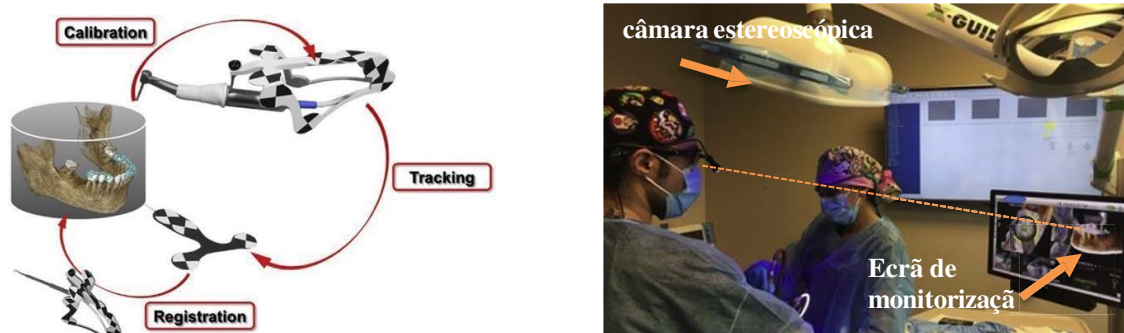


Figura 19. (A) Representação do conceito de orientação dinâmica (Deeb et al., 2020); (B) Procedimento cirúrgico com sistema de navegação dinâmica. Adaptado de (Panchal et al., 2019).

A navegação ou cirurgia dinâmica é considerada um grande avanço no âmbito da implantologia, e constitui uma ferramenta de navegação em tempo real que auxilia o cirurgião durante o procedimento operatório, melhorando tanto o posicionamento quanto a precisão do local de instalação do implante. Este rastreio em tempo real utiliza um rastreio ótico, que pode ser passivo ou ativo. Este último emite luz infravermelha que será seguida por câmaras. A orientação passiva utiliza esferas refletoras que refletem a luz infravermelha emitida por uma fonte de luz para uma câmara.

A orientação passiva é atualmente o método mais utilizado na implantologia com navegação dinâmica. O princípio deste tipo de seguimento consiste em projetar uma luz acima da cabeça do doente e da região operatória, a partir de uma fonte emissora de luz díodo. Esta luz é depois refletida em matrizes de seguimento fixadas no paciente e nos instrumentos cirúrgicos, e as câmaras localizadas acima do doente captam esta luz (Panchal et al., 2019).

A posição do paciente e dos instrumentos é calculada previamente à cirurgia, utilizando o sistema de navegação dinâmica. Uma imagem virtual é projetada num ecrã para permitir ao cirurgião a monitorização e avaliação do progresso da cirurgia em tempo

real (Panchal et al., 2019). Em resumo, o fluxo de trabalho de navegação dinâmica incluirá a realização de um CBCT com pontos de referência, o planeamento virtual dos implantes, a calibração, o registo dos pontos de referência e instrumentos cirúrgicos, e a realização da preparação do leito implantar com a instalação do implante seguindo a imagem 3D apresentada no ecrã de navegação (Panchal et al., 2019).

Este método apresenta algumas vantagens, tais como: permitir ao cirurgião a possibilidade de realizar a osteotomia e instalar o implante com visualização relativa diretamente na cavidade oral. Isto é particularmente vantajoso nos casos em que os pacientes têm um grau de abertura de boca limitado ou, em que o local de instalação do implante é difícil de visualizar, por exemplo, nas regiões posteriores dos maxilares; além disso, a navegação dinâmica permite uma orientação precisa da posição do implante, mesmo e, locais estreitos entre os dentes, onde a utilização de guias estáticas com tubos-guia adequados seria difícil de colocar, particularmente na área dos incisivos inferiores (Panchal et al., 2019).

Outra vantagem deste método, é o facto de a avaliação pré-operatória do paciente, o planeamento do CBCT e o procedimento operatório, serem realizados no mesmo dia, permitindo ao cirurgião a possibilidade de modificar as dimensões, o sistema e os parâmetros de posicionamento do implante em tempo real, de modo a adaptar-se a condições clínicas específicas. Este facto garante a adequação e exatidão do procedimento, ao contrário da abordagem estática.

Além disso, o cirurgião beneficia de um posicionamento postural ideal durante a cirurgia, sem ter de se inclinar em direção à área a operar, mantendo uma visão direta no ecrã (Panchal et al., 2019).

No entanto, a cirurgia dinâmica tem os seus limites, o custo deste procedimento devido ao CBCT, ao scanner intraoral e ao sistema de navegação dinâmica, bem como à utilização de clips, marcadores e placas de referência, representa um orçamento significativo para o cirurgião refletindo-se no paciente (Figura 19). Foram encontradas outras desvantagens desta tecnologia, como no caso dos pacientes edêntulos, em que é necessária uma cirurgia adicional para colocação de parafusos marcadores e placas de orientação.

No entanto, a solução para este problema está próxima, uma vez que os marcadores fiduciais deixarão de ser necessários e a utilização de CBCT com a seleção de pontos fiduciais com base na anatomia do paciente substituirá os parafusos (Panchal et al., 2019). Estes pontos são registados através da utilização de uma sonda calibrada. Além disso, o paciente pode ter um dispositivo de rastreio intra-oral, que pode gerar algum desconforto (Panchal et al., 2019).

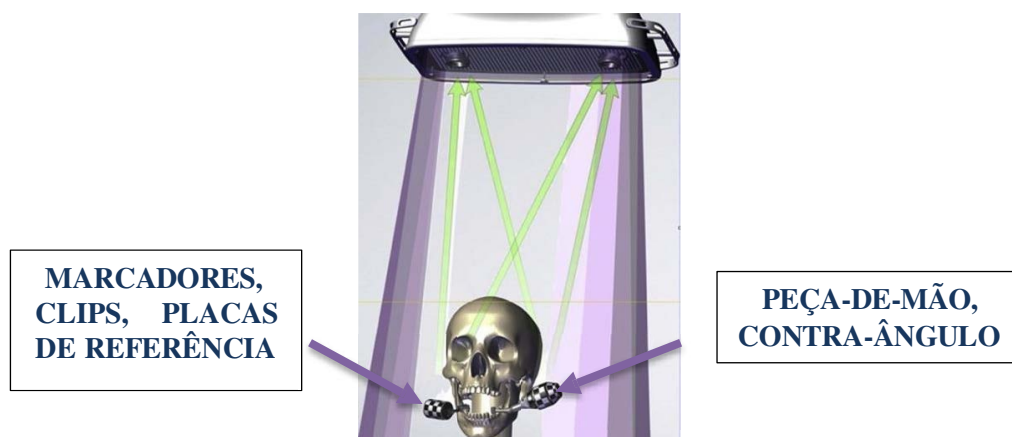


Figura 20. Representação dos dispositivos intra-orais utilizados durante a cirurgia dinâmica.
Adaptado de (Panchal et al., 2019).

4.3.2. Navegação estática

Hämmerle et al. (2009), propuseram a definição de cirurgia guiada como a utilização de uma guia estática que reproduz a posição virtual do implante, permitindo a monitorização em tempo real durante a preparação instrumental do local cirúrgico, de acordo com a trajetória planeada (Hämmerle et al., 2009)

Atualmente, os implantologistas estão a concentrar-se mais nos sistemas de navegação estáticos devido à sua praticidade nos consultórios dentários, que requerem pouco espaço físico e são menos dispendiosos do que os sistemas de navegação dinâmicos (Katsoulis et al. 2009; Kühl et al., 2012).

A cirurgia guiada estática é realizada após a recolha de dados STL e DICOM, obtidos a partir de TC intra-oral e CBCT, no software de planeamento. Estes dados são depois importados para um *software* CAD para produzir um guia estático (Deeb et al., 2020).

O guia cirúrgico estático é utilizado para efetuar a osteotomia e a colocação do implante com precisão, através de um kit cirúrgico para cirurgia guiada, o guia assegura desta forma os parâmetros dos implantes idealmente planejados em termos de posição, ângulo e profundidade (Tatakis et al., 2019).

A classificação da cirurgia de navegação estática pode ser baseada em vários critérios, incluindo: o tipo de suporte de orientação utilizado; o nível de visibilidade cirúrgica e o método de instalação da guia de perfuração e colocação do implante (Gargallo-Albiol et al., 2019) De facto, as guias cirúrgicas estáticas podem ser classificadas em duas categorias: a cirurgia de implantes parcialmente guiada e a cirurgia de implantes totalmente guiada (Deeb et al., 2020).

O procedimento oferece uma série de vantagens, tais como: a redução de danos nas estruturas anatómicas, a utilização ideal do volume ósseo disponível, permitindo a colocação de implantes mais longos e evitando a necessidade de enxertos ósseos, reduzindo assim a morbidade. Além disso, esta técnica reduz o tempo de cirurgia e permite a instalação de implantes sem a realização de um retalho aberto operatório, contribuindo para prevenir a reabsorção óssea da crista óssea alveolar e, as complicações pós-operatórias, como dor, edema e hemorragia (Tatakis et al., 2019).

O sucesso da cirurgia guiada depende de vários fatores. De facto, um estudo mostrou que a colocação de guias cirúrgicos com apoio ósseo, em vez de ser com apoio na mucosa gengival, resultou numa cirurgia guiada com os menores desvios.

Também se verificou que a estabilidade da guia cirúrgica e a fiabilidade da instalação dos implantes podem ser influenciadas pela espessura da mucosa (Marlière et al., 2018).

Para além disso, o tipo de tecido ósseo, se é medular ou cortical, influencia os resultados. A direção e localização do implante tem menor probabilidade de se desviar no tecido ósseo cortical do que no tecido ósseo medular pelas diferenças da sua constituição estrutural (Marlière et al., 2018).

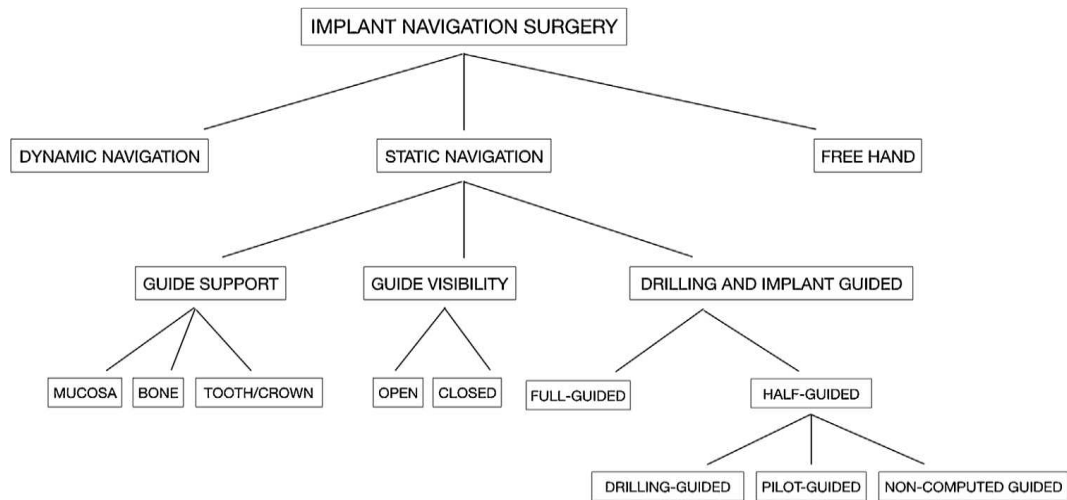


Figura 21. Classificação dos diferentes tipos de sistemas de navegação em cirurgia guiada.
Adaptado de (Gargallo-Albiol et al., 2019)

4.3.3. Cirurgia totalmente guiada, indicações, vantagens, desvantagens.

A cirurgia de instalação de implantes totalmente guiada refere-se à utilização de guias cirúrgicas estáticas durante toda a sequência de preparação do leito implantar, permitindo uma osteotomia precisa e inserção correta do implante através da guia (Figura 22).

De um modo geral, a comunidade científica concorda que a cirurgia totalmente guiada oferece maior precisão na instalação dos implantes, do que a cirurgia de implantes parcialmente guiada (Deeb et al., 2020).



Figura 22. Imagens intra operatórias nas quais se observam as etapas da cirurgia totalmente guiada. Adaptado de (Chen et al., 2020).

O planeamento tridimensional, a análise protodôntica e o CBCT, são alguns dos constituintes da cirurgia totalmente guiada.

Estas ações resultam na criação de um modelo guiado por computador que permite a colocação precisa de implantes, ou seja, toda a informação fornecida pelo planeamento 3D e pelos modelos guias são suficientes para conduzir o procedimento cirúrgico sem a necessidade de realizar um retalho cirúrgico (Gargallo-Albiol et al., 2019).

A utilização crescente da cirurgia assistida por computador para a colocação de implantes dentários, apresenta vantagens consideráveis. Uma das principais vantagens é fornecer ao cirurgião, maior precisão do posicionamento dos implantes em comparação com a cirurgia à mão livre ou semi-guiada. Isto proporciona uma integração ideal do implante e acompanhado de resultados previsíveis e fiáveis (Yogui et al., 2021).

Além disso, a cirurgia assistida por computador simplifica o planeamento e a execução de reabilitações intermédias, resultando numa melhoria da estética e da funcionalidade dos implantes dentários. Esta abordagem reduz significativamente o tempo necessário para colocação de coroas provisórias e, facilita a colocação de próteses provisórias durante os protocolos de carga imediata (Yogui et al., 2021).

Outros benefícios da cirurgia de implantes totalmente guiada incluem a possibilidade de efetuar um procedimento cirúrgico sem retalhos, refletindo-se na redução do tempo operatório e do desconforto pós-operatório, como a dor, edema e hemorragia (Yogui et al., 2021).

No entanto, a cirurgia totalmente guiada apresenta algumas desvantagens. Durante o processo de preparação do leito implantar, o arrefecimento com solução de irrigação na parte terminal da broca, pode ser menos eficaz do que na técnica à mão livre, uma vez que a guia cirúrgica bloqueia fisicamente o acesso da solução de irrigação. Este facto pode conduzir a um aumento da temperatura no tecido ósseo circundante, possibilitando existência de reabsorção óssea e não osteointegração do implante (Yogui et al., 2021).

É de notar que a utilização técnica de cirurgia totalmente guiada pode implicar custos adicionais em comparação com a técnica cirúrgica à mão livre (Yogui et al., 2021).

Registos de imprecisões intermaxilares na impressão convencional ou digital, posicionamento inadequado do implante durante o planeamento digital ou precisão

insuficiente da guia cirúrgica, podem comprometer a posição final do implante através da cirurgia totalmente guiada (Orban et al., 2021).

A estabilidade da guia cirúrgica é essencial para garantir a colocação exata do implante durante a cirurgia guiada. Se a guia não estiver posicionada de forma estável, pode conduzir a erros na posição do implante, comprometendo o resultado da operação. Tanto mais que, não podem ser efetuadas alterações durante o processo de perfuração e colocação do implante (Gargallo-Albiol et al., 2019).

É também importante referir que alguns sistemas de implantes não são compatíveis com a cirurgia guiada. Por conseguinte, é necessário ter em conta estas limitações ao planear a reabilitação oral.

Durante o processo de perfuração do leito implantar, existem riscos cirúrgicos associados à utilização das brocas, se estas forem utilizadas incorretamente, como o caso de poder danificar os tecidos circundantes ou causar complicações intra-operatórias (Kühl et al., 2012).

Para além da experiência e das competências cirúrgicas do profissional em cirurgia guiada, é também crucial que este tenha um nível elevado de experiência em cirurgia convencional de implantes. Esta experiência permitir-lhe-á continuar o procedimento à mão livre, se necessário, no caso de surgirem dificuldades ou complicações durante a cirurgia guiada (Gargallo-Albiol et al., 2019).

4.3.4. Cirurgia parcialmente guiada, indicações, vantagens, desvantagens

A cirurgia de implantes parcialmente guiada ou também comumente designada de cirurgia semi-guiada, refere-se à utilização de guias cirúrgicas estáticas de modo a facilitar a preparação da osteotomia (Deeb et al., 2020). A utilização de um *stent* cirúrgico pode ser não guiado ou guiado por computador, ou também pode ser combinado com a utilização de uma broca piloto (Gargallo-Albiol et al., 2019).

Em relação à perfuração inicial, a broca piloto iniciará a preparação do leito ósseo e, de seguida, remove-se a guia cirúrgica e instalação o implante manualmente sem o auxílio do guia (Deeb et al., 2020).

Na abordagem cirúrgica não guiada por computador, o processo de preparação do leito ósseo, utiliza um modelo fabricado sem recurso informático (Gargallo-Albiol et al., 2019). Estas abordagens semi-guiadas que utilizam perfuração com broca piloto ou guias não computadorizados, continuam a ser os métodos predominantes utilizados até à data (Gargallo-Albiol et al., 2019) .



Figura 23. Imagens intra-operatórias. (A, B, C) Etapas da cirurgia parcialmente guiada. Adaptado de (Chen et al., 2020).

A cirurgia semi-guiada utilizando uma broca piloto, apresenta uma certa margem de erro no que respeita ao planeamento pré-cirúrgico e no sistema de orientação, ao contrário da cirurgia totalmente guiada.

De facto, esta técnica permite ao cirurgião ter maior flexibilidade e liberdade de movimentos, particularmente nos sectores posteriores da boca. Além disso, graças à combinação do guia cirúrgico e dos movimentos manuais, é possível corrigir os erros de preparação óssea após a perfuração inicial (Gargallo-Albiol et al., 2019).

Embora a utilização de uma broca piloto inicial seja menos precisa do que a cirurgia totalmente guiada, continua a oferecer uma precisão superior à da técnica convencional (Gargallo-Albiol et al., 2019). O método não guiado por computador é mais simples de implementar e menos dispendioso do que os sistemas guiados por computador ou a navegação dinâmica (Gargallo-Albiol et al., 2019).

Além disso, procedimento semi-guiado é geralmente menos dispendioso, requer menos equipamento especializado, e o planeamento pré-operatório é frequentemente mais curto do que para na técnica totalmente guiada (Gargallo-Albiol et al., 2019).

A cirurgia parcialmente guiada apresenta algumas limitações bem conhecidas, particularmente em termos de precisão quando comparada com a cirurgia totalmente

guiada. De acordo com um estudo, o método não guiado por computador com utilização de guias piloto, tem menos precisão do que o método cirúrgico totalmente guiado, além disso, este método de fabrico de guias, resulta em modelos menos estáveis. O prolongamento do tempo operatório originado pela transição da utilização do guia para o método manual, na cirurgia semi-guiada, constitui uma desvantagem (Gargallo-Albiol et al., 2019).

4.3.5. Comparação das duas técnicas

Foram efetuadas numerosas comparações entre a cirurgia guiada de implantes e a cirurgia de implantes convencionais, tendo-se verificado que as intervenções cirúrgicas guiadas, apresentam menor tempo operatório, associado a menor edema e dor pós-operatória. No entanto, o custo deste tipo de cirurgia é consideravelmente mais elevado, quando comparado com a técnica convencional (Tatakis et al., 2019).

Além disso, de acordo com alguns estudos, não se verificou diferença significativa entre a cirurgia guiada e a cirurgia convencional nos parâmetros sucesso ou falência dos implantes, ou em termos de resultados clínicos, como a perda óssea marginal ao final de um ano. Não houve diferenças estatisticamente significativas entre os dois grupos para nenhum dos resultados avaliados. Exceto o facto de os pacientes reabilitados tradicionalmente, apresentarem maior dor pós-operatória ($P = 0,002$) e edema ($P = 0,024$) (Tatakis et al., 2019; Pozzi et al., 2014). Além disso, não foi encontrada qualquer disparidade entre estes dois métodos, no que respeita às complicações, tanto mecânicas como biológicas, com ($P = 0,72$) e ($P = 0,51$) respetivamente (Yogui et al., 2021).

Além disso, outro estudo concluiu que o método totalmente guiado, utilizando guias suportados pela mucosa ou guias de instalação de implantes unitários, obteve uma taxa mais baixa de erros de posicionamento dos implantes, com apenas 6% de incidentes registados, em contraste com a técnica convencional, que apresentou uma taxa de erro elevada, atingindo cerca de 88% (Gargallo-Albiol et al., 2019).

É essencial avaliar quaisquer discrepâncias de localização ou de ângulos de inserção, entre o planeamento virtual da cirurgia assistida por computador e a colocação real dos implantes dentários.

Esta avaliação é normalmente efetuada através de um método de medição comumente utilizado, que consiste na sobreposição de imagens tridimensionais pré-operatórias e pós-operatórias utilizando software específico. São tidos em conta vários parâmetros de medição, como o desvio angular, o desvio cervical, o desvio apical e os erros de profundidade (Marlière et al., 2018).

Na cirurgia guiada parcial ou total, podem ocorrer erros nas diversas fases da cirurgia. Por exemplo, pode ocorrer um erro de cerca de 0,5 mm durante a captura, o processamento e a manipulação da imagem. Além disso, configurações de software incorretas podem levar a erros que distorcem as guias cirúrgicas em 0,1 a 0,2 mm (Marlière et al., 2018). Estes erros de fabrico podem acumular-se originando resultados clínicos indesejáveis. Estes não são os únicos erros que podem afetar a precisão da relação entre os resultados esperados e os resultados reais da implantação dentária (Marlière et al., 2018).

Os erros que afetam a precisão da colocação do implante, estão associados ao tipo de guia cirúrgico utilizado e às características morfológicas dos tecidos peri-implantares, como o tipo de tecido ósseo ou a espessura da mucosa gengival (Marlière et al., 2018).

A precisão da colocação de implantes em cirurgia totalmente guiada e parcialmente guiada no maxilar e na mandíbula foi avaliada num estudo comparativo realizado por Kühl et al. (2012), no qual verificaram que a diferença média entre a localização virtual e real do implante na cirurgia totalmente guiada foi de 1,52 mm, e que na cirurgia parcialmente guiada foi de 1,56 mm. O desvio médio nas extremidades dos implantes e o desvio mínimo na base dos implantes na cirurgia totalmente guiada e parcialmente guiada, foi respetivamente de (1,55 mm; 1,84mm) e (0,40mm; 0,49mm).

O maior desvio verificado da base do implante nas cirurgias totalmente guiadas e parcialmente guiadas foi respetivamente de 3,54mm e 3,53mm, sendo o desvio respetivo mínimo do ápex do implante de 0,33mm e 0,84mm. O desvio médio do eixo do implante durante a cirurgia totalmente guiada e parcialmente guiada, foi respetivamente de 3,6° e de 4,3°. Para a cirurgia totalmente guiada, o maior desvio foi de 8,75°, enquanto que para a cirurgia parcialmente guiada foi de 11,09°; o desvio mínimo na cirurgia totalmente guiada foi de 0,53°, enquanto e na cirurgia parcialmente

guiada foi de $0,40^\circ$. Finalmente, o paralelismo médio do implante foi avaliado e medido em $1,8^\circ$ para a cirurgia totalmente guiada e $1,9^\circ$ para a cirurgia parcialmente, com um desvio máximo de $3,48^\circ$ para a cirurgia totalmente guiada e $3,63^\circ$ para a cirurgia parcialmente guiada. Os dados do presente estudo não revelaram qualquer diferença significativa entre as duas técnicas, quer sejam parcialmente guiadas ou totalmente guiadas. No entanto, é de salientar que outros estudos têm apresentado resultados contraditórios, o que pode ser atribuído a diferenças nos desenhos de estudo utilizados (Kühl et al., 2012).

Um estudo clínico realizado por De Santis et al. (2019) também relatou diferenças entre a cirurgia totalmente guiada e a cirurgia parcialmente guiada por broca piloto, no qual observaram o seguinte: desvios coronais de 1,16mm e 1,11 mm; desvio apical médio de 1,65mm e 1,71 mm; desvio de profundidade média de 0,95 e 0,68 mm; desvio angular vestibulolingual médio de $4,16^\circ$ e $6,72^\circ$ e desvio angular mesiodistal médio de $2,81^\circ$ e $5,61^\circ$ respetivamente.

De acordo com estes dados, verificou-se haver diferenças significativas na profundidade e no desvio angular entre as duas técnicas. A cirurgia totalmente guiada obteve melhores resultados em termos de desvio angular e profundidade, este último provavelmente devido à ausência de interrupções na perfuração durante a cirurgia. Quanto à perfuração com a broca piloto, o posicionamento mais profundo do implante pode ser sido atribuído a uma decisão clínica intraoperatória de instalar o implante a nível subcrestal (De Santis et al., 2019).

F. Bover-Ramos et al. (2018) realizaram uma revisão sistemática com estudos “in vivo” com objetivo de avaliar a precisão destas duas técnicas cirúrgicas. Os desvios médios globais observados foram: de $1,10 \pm 0,09$ mm no colo do implante, $1,40 \pm 0,12$ mm no ápex, de $0,74 \pm 0,103$ mm em profundidade e de $3,98 \pm 0,33^\circ$ no desvio angular. A cirurgia semi-guiada apresentou resultados com maiores desvios e variações estatisticamente significativas nos desvios angular e apical (F. Bover-Ramos et al., 2018).

Na sua investigação, De Santis et al. (2019) mostraram como outros fatores podem afetar a precisão das duas técnicas cirúrgicas. Verificaram que a anatomia propriamente dita da mandíbula, afetava significativamente o desvio angular mesiodistal ($P = 0,035$) e que a precisão da instrumentação na mandíbula era maior do que no maxilar. Os desvios angulares apicais e vestibulolingual apresentaram menores diferenças ($P = 0,055$ e $P = 0,062$, respetivamente).

Na maioria dos casos no maxilar, os valores médios produzidos pelo grupo de pacientes submetidos a cirurgia totalmente guiada, foram maiores do que os resultados obtidos com a cirurgia parcialmente guiada com apenas orientação da broca piloto (De Santis et al., 2019).

De acordo com Santis et al. (2019), outro parâmetro que influencia a precisão é o padrão de edentulismo. De facto, durante procedimentos cirúrgicos totalmente guiados por computador, o grupo de pacientes parcialmente edêntulos, teve significado, pois conduziu a uma maior precisão da preparação cirúrgica do leito implantar, do que no grupo de pacientes totalmente edêntulos. O desvio do ângulo vestibulo-lingual e o desvio de profundidade linear, apresentaram diferenças estatisticamente significativas ($P = 0,037$ e $P = 0,049$, respetivamente) (De Santis et al., 2019).

Outro estudo comparativo de Schulz et al. (2019), foi realizado por estudantes de medicina dentária em modelos mandibulares artificiais parcialmente edêntulos, com objetivo de comparar a cirurgia totalmente guiada e a cirurgia apenas guiada com a broca piloto, no qual foi relatado uma maior precisão angular tridimensional através da cirurgia totalmente guiada ($3,388 \pm 1,647^\circ$) em contraste com a instalação de implantes com cirurgia parcialmente guiada ($5,792 \pm 3,290^\circ$) (Schulz et al., 2019).

O facto de toda a sequência da fresagem cirúrgica ter sido realizada com o guia cirúrgico, pode ter sido responsável pelo maior nível de precisão obtido, no que resultou numa menor tolerância para variações angulares ou posicionais. O facto de o método parcialmente guiado permitir alterações da localização ou angulação do implante, pode ser útil em situações clínicas de necessidade de alteração da localização ou a angulação do implante (Schulz et al., 2019).

Além disso, foi demonstrado que os desvios durante a instalação do implante são geralmente mais elevados no ápex do implante do que na sua base. Observou-se que a instalação de implantes com cirurgia parcialmente guiada, conduziu a desvios mais elevados no ápex e na base do implante, do que através da cirurgia totalmente guiada (Schulz et al., 2019).

Um estudo clínico realizado por Younes et al. (2018) teve resultados semelhantes, mostrando um desvio apical geral, superior ao desvio coronal geral, com resultados mais elevados de ambos os parâmetros na cirurgia guiada, no entanto não foi encontrada uma diferença estatisticamente significativa (Younes et al., 2018).

De facto, Younes et al. (2018) destacaram que o maior desvio apical total da localização ideal do implante na cirurgia guiada manualmente, cirurgia parcialmente guiada e cirurgia totalmente guiada, foi de aproximadamente 5mm, 3mm e 2mm respetivamente (Younes et al., 2018).

Em contraste com o estudo anterior, um estudo clínico revelou uma precisão estatística e significativamente maior da posição do implante a nível coronal e apical entre todas as técnicas totalmente guiadas examinadas e o grupo guiado por broca piloto, em contraste com Bencharit et al. (2018) que só conseguiu detetar uma diferença estatisticamente significativa na posição do implante para a direção distal $p=0,007$ (Bencharit et al., 2018).

Além disso, durante a instalação de implantes com cirurgia parcialmente guiada, os desvios do eixo longitudinal da manga e do implante foram maiores, particularmente nas direções mesial e vestibular, em contraste com os desvios nas direções distal e vestibular para a instalação de implantes com cirurgia totalmente guiada (Schulz et al., 2019).

Ainda assim, o desvio mesio-distal e o vestibulo-lingual avaliado no colo do implante durante a instalação de implantes totalmente guiados, foi ligeiramente superior ao dos implantes parcialmente guiados com broca piloto. No entanto, não se registou uma diferença estatisticamente significativa ($p = 0,601$; $p = 0,284$). Por outro lado, no eixo vertical, o desvio foi estatisticamente mais elevado para a instalação de implantes guiados por broca piloto ($p = 0,026$) (Schulz et al., 2019).

O estudo de Schulz et al. (2019) encontrou diferenças entre os dois métodos no tempo médio de instalação dos implantes, de $8,84 \pm 2,39$ min para cirurgia parcialmente guiada e de $6,23 \pm 1,78$ min para cirurgia totalmente guiada.

Foi observada uma diferença significativa ($p < 0,001$), quando se teve em conta tanto o tempo necessário de preparação do leito implantar, como o tempo necessário para instalação dos implantes nas cirurgias parcialmente guiadas ou nas cirurgias totalmente guiadas (Schulz et al., 2019).

Embora a cirurgia parcialmente guiada seja menos precisa, pode ser benéfica em determinadas circunstâncias em que a cirurgia totalmente guiada não é recomendada (Younes et al., 2018), nomeadamente nos casos em que o rebordo da crista alveolar é extremamente estreito ou muito atrófico, podendo incorrer em perfurações das tabuas ósseas (Schulz et al., 2019).

4.4. Indicações anatómicas das guias cirúrgicas

4.4.1. Região estética (localização, indicações, tipos de implantes)

Foi realizado um estudo comparativo na região anterior para avaliar a utilização de guias cirúrgicos totalmente guiados e semi-guiados. Os resultados mostraram que os guias totalmente guiados têm maior precisão nesta região, com melhores resultados em termos de profundidade e angulação na implantação imediata, bem como uma redução dos erros de profundidade na implantação tardia (Chen et al., 2020). No entanto, deve notar-se que os guias cirúrgicos totalmente guiados são frequentemente mais caros e requerem uma grande distância inter-oclusal.

Em alguns casos de implantação em regiões anteriores, em que a profundidade e o ângulo de instalação são bem controlados, a cirurgia semi-guiada pode ser uma opção adequada (Chen et al., 2020).

Num outro estudo, foi demonstrada uma técnica interessante para restaurações estéticas: a técnica de planeamento inverso. Em primeiro lugar, o programa *Digital Smile Design* é utilizado para planear a futura restauração dentária (Salviano et al., 2023) A primeira

fase consiste na extração imediata dos dentes necessários, seguida da instalação de implantes de plataforma *cone morse*. Simultaneamente pode ser realizado um procedimento de enxerto de tecido conjuntivo.

Neste procedimento, o tecido conjuntivo é removido do palato e reposicionado na zona vestibular para melhorar a estética e a estabilidade do tecido mole à volta dos implantes. Após esta fase, são normalmente colocadas coroas provisórias e, 6 meses depois, são colocadas coroas de cerâmica (Salviano et al., 2023).

A cirurgia guiada combinada com diversas técnicas e materiais utilizados neste estudo, permitiu uma boa reabilitação a longo prazo, tanto a nível estético como funcional (Salviano et al., 2023).

A escolha do implante na região anterior baseia-se em dois parâmetros importantes: o diâmetro do implante e a sua plataforma, de modo a obter um bom perfil de emergência. O implante não deve ser mais largo do que o futuro dente para garantir uma transição suave com as linhas protéticas. De facto, o implante deve ter um diâmetro ligeiramente inferior ao do dente natural original.

4.4.2. Região maxilar e mandibular posterior

Em regiões edêntulas posteriores, observou-se maior precisão da instalação dos implantes sob avaliação dos parâmetros desvio coronal e profundidade, quando utilizados guias totalmente guiados (Chen et al., 2020).

No entanto, outro estudo realizado em cadáveres por Kühl et al. (2012) não demonstrou qualquer diferença significativa na precisão entre a colocação de implantes com guias totalmente guiadas e semi-guiadas (Kühl et al., 2012), o que se deve provavelmente ao facto de o desenho do estudo não permitir uma avaliação correta da precisão da colocação do implante devido à ausência de fatores como a saliva e a hemorragia (Chen et al., 2020).



Figura 24. Guia cirúrgico para implantação posterior. Adaptado de (Atsu, 2006).

4.5. Técnicas cirúrgicas

4.5.1. Técnica de retalho aberto (indicações, vantagens, desvantagens).

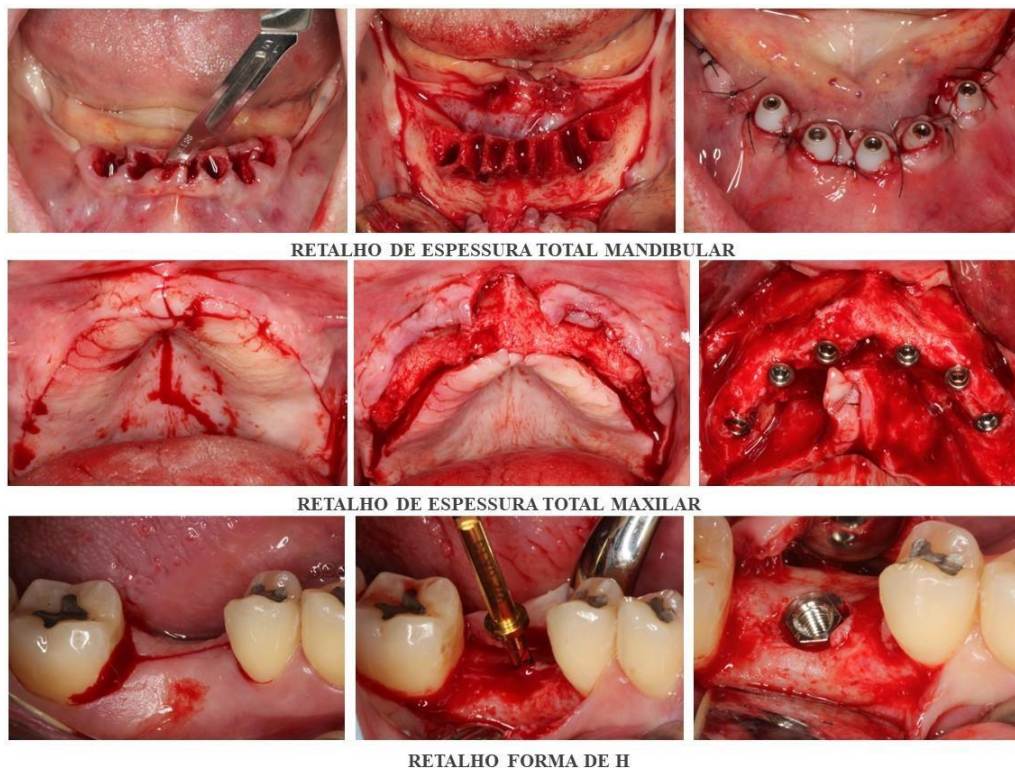


Figura 25. Cirurgia de retalho aberto. Diferentes tipos de retalhos. Fotografias cirúrgicas cedidas pelo Doutor Eugénio Miguel Pereira.

Tradicionalmente, na cirurgia de colocação de implantes, utiliza-se a técnica de retalho aberto, embora nos últimos anos se tenha assistido ao aumento da popularidade da técnica cirúrgica sem retalho (*flapless*), no entanto, a realização dos diferentes tipos de retalho tem as suas indicações (Al-Juboori, 2016).

Existem vários tipos de retalho habitualmente utilizados na cirurgia de instalação de implantes dentários endoósseos e que se classificam em diferentes tipos e categorias, por exemplo o retalho espessura total com incisão mediana crestal, é muito vascularizado, mas a sua visão anatômica é limitada, dificultando a manipulação dos tecidos moles. O retalho vestibular tem uma vascularização reduzida e requer implantes submersos, mas é adequado para uma carga imediata e uma recuperação rápida.

O retalho bilateral melhora a visibilidade, mas apresenta um risco de edema, cicatrização mais lenta e deiscência da ferida operatória. No retalho em forma de H, as papilas são preservadas, no entanto pode promover tecido cicatricial e recessão gengival nos dentes adjacentes (Al-Juboori, 2016).

4.5.2. Técnica de *Flapless* (indicações, vantagens, desvantagens).



Figura 26. Cirurgia guiada sem retalho. Adaptado de (Li et al., 2019).

A técnica de *Flapless* é particularmente comum na cirurgia guiada, permitindo uma boa cicatrização óssea, evitando incisões invasivas e preservando o mais possível a mucosa queratinizada (Gargallo-Albiol et al., 2019). Além disso, é frequentemente utilizada para colocação imediata ou tardia dos implantes, particularmente em áreas estéticas, uma vez que preserva os tecidos moles circundantes (Sclar, 2007).

Num estudo, 33 pacientes, com edentulismo mandibular, foram instalados implantes através de cirurgia sem retalho com carga imediata, no qual se obteve uma taxa de sucesso de 91,9%, de acordo com (Abad-Gallegos et al., 2011; Cannizzaro et al., 2008). No entanto a cirurgia *Flapless*, requer uma quantidade adequada de mucosa queratinizada e volume ósseo suficiente para evitar procedimentos regenerativos, sendo pouco indicada nos casos de insuficiência óssea e falta de tecido queratinizado (Gargallo-Albiol et al., 2019)

Relativamente à taxa de sobrevivência de implantes instalados com técnica cirúrgica *Flapless*, vários estudos e revisões sistemáticas mostraram resultados de taxas de sobrevivência dos implantes, superiores a 90% (Campelo & Camara, 2002; Chrcanovic et al., 2014; Becker et al., 2005).

No entanto, na revisão sistemática e meta-análise realizadas, respetivamente, por Lin et al e Chrcanović et al, os resultados contradizem os estudos acima referidos. De acordo com os autores, verificou-se um aumento na taxa de insucesso dos implantes com a aplicação desta técnica (Lin et al., 2014; Chrcanovic et al., 2014), os quais apresentaram taxas de sobrevivência de 97,0% para a técnica *Flapless* e, 98,6% para as técnicas com retalho cirúrgico aberto.

Chrcanović e colaboradores em 2014, realizaram uma análise estatística revelando que o risco de falência dos implantes era 1,75 vezes maior quando aplicada com a cirurgia sem abertura de retalho em comparação com a cirurgia com abertura de retalho (Chrcanovic et al., 2014).

Foi efetuada uma comparação por Voulgarakis et al. (2014) entre a cirurgia não navegada e guiada por CBCT, cirurgia à mão livre e cirurgia guiada navegada, todos estes procedimentos cirúrgicos combinados com um método sem retalho, com base nas taxas de sobrevivência e na perda óssea marginal.

Este estudo mostrou taxas de sobrevivência dos implantes, que variaram entre 98,3 e 100% com uma perda óssea marginal entre 0,09 e 1,40 mm (1 - 4 anos) após a instalação dos implantes com cirurgia à mão livre, em comparação com taxas de sobrevivência dos implantes entre 91 e 100% com uma perda óssea marginal média de 0,89 mm (2 -10 anos) para as cirurgias guiadas por CBCT sem retalho (sem navegação

3D).

No entanto, as cirurgias sem retalho guiadas por CBCT e navegadas, mostraram taxas de sobrevivência dos implantes entre 89 e 100%, com perdas ósseas marginais médias, compreendidas entre 0,55 e 2,6 mm, durante um período de acompanhamento de 1 a 5 anos (Voulgarakis et al., 2014).

Num estudo comparativo no qual se avaliou a precisão da técnica cirúrgica com retalho aberto e da técnica *Flapless*, os resultados mostraram diferenças significativas no desvio coronal geral, que foi de $0,86 \pm 0,23$ mm com um retalho aberto em comparação com $1,3 \pm 0,62$ mm sem retalho. Além disso, os desvios apicais gerais foram de $1,38 \pm 0,37$ mm com retalho aberto e $1,9 \pm 0,78$ mm sem retalho, respetivamente.

Em termos de profundidade, e direção do eixo do implante nas cirurgias com retalho aberto, obtiveram-se resultados com valores de $0,16 \pm 0,68$ mm, enquanto que na cirurgia sem retalho obtiveram-se valores de $0,51 \pm 1,09$ mm. Os resultados do estudo confirmaram que o grupo com retalho aberto, obteve melhor controlo de profundidade durante a instalação manual do implante, com semelhanças nos desvios angulares e laterais (Li et al., 2019).

De acordo com um estudo comparativo entre as técnicas com e sem retalho, não se registaram alterações perceptíveis na colocação guiada de implantes entre os procedimentos com e sem retalho, particularmente em termos de localização e ângulo dos implantes. Além disso, revelou que não se registaram diferenças significativas na taxa de sobrevivência dos implantes, morbilidade e alterações ósseas peri-implantares. A reabsorção óssea foi avaliada nas duas técnicas, tendo tido resultados semelhantes (Al-Juboori, 2016).

Além disso, a técnica *Flapless*, oferece algumas vantagens, tais como: melhor estética, estabilidade do nível papilar, redução do risco hemorrágico e da dor, redução do stress e tempo cirúrgico, rápida recuperação pós-operatória e menor edema e morbilidade com maior satisfação do paciente (Yogui et al., 2021; Gargallo-Albiol et al., 2019). Um estudo mostrou que este procedimento resultou numa melhor osteointegração do implante associada a menor perda óssea (Lahoti et al., 2021).

No entanto, Laverty et al. (2018) levantaram a hipótese de que este método pode ter impacto e alterar negativamente a osteointegração devido a um possível risco de

contaminação dos tecidos moles periimplantares e do leito implantar, durante a instalação dos implantes durante a cirurgia, devido à proximidade dos tecidos moles (Lavery et al., 2018).

No entanto, existem investigações contraditórias sobre este assunto, como um estudo realizado em animais por Becker et al. (2006), no qual demonstrou que não existe evidência histológica de infiltração de tecido gengival ou infiltração de corpo estranho no leito implantar com cirurgia *Flapless* (Becker et al., 2006).

Além disso, a técnica *Flapless* pode minimizar a perturbação do aporte vascular periosteal e, por conseguinte, a perda óssea marginal peri-implantar das fases iniciais do processo de cicatrização óssea.

Este facto foi confirmado pelos estudos de Cosyn et al, Sennerby et al e, em particular, pela revisão sistemática de Moraschini et al, que demonstraram uma perda óssea crestal mínima e favorável, quando é utilizada uma técnica sem retalho. Cosyn et al. também concluíram que na instalação de implantes unitários com técnica cirúrgica sem retalho, houve uma melhor recuperação dos tecidos moles, nomeadamente das papilas, melhorando o resultado estético (Cosyn et al., 2012; Moraschini et al., 2015; Sennerby et al., 2008).

No entanto, Chrcanovic et al. (2014) nos seus estudos, observaram que, quando aplicada a técnica cirúrgica sem retalho, obtiveram resultados de maior perda óssea marginal periimplantar. Os autores justificaram este facto devido à diminuição da visão direta durante o ato operatório e, que a instalação dos implantes pode ter sofrido alterações, resultando num posicionamento mais apical do que o esperado (Chrcanovic et al., 2014; Rousseau, 2010; Van De Velde et al., 2007).

Contudo, as desvantagens deste método cirúrgico incluem: a visibilidade reduzida das estruturas anatómicas, acompanhada da possibilidade de existirem danos térmicos ao nível do tecido ósseo, devido à irrigação externa ser restrita durante a osteotomia, que por sua vez pode ser causada pela obstrução da guia cirúrgica; um risco mais elevado de instalação incorreta dos implantes e uma capacidade reduzida de adaptação à topografia óssea quando necessário, para facilitar os procedimentos de reabilitação e melhorar os contornos dos tecidos moles (Al-Juboori, 2016).

Conforme referido anteriormente é efetivamente verdade que o acesso cirúrgico limitado para irrigação da loca implantar constitui em problema associado à utilização de técnicas sem retalho. A irrigação abundante do leito implantar durante a instrumentação cirúrgica permite o arrefecimento das brocas, evitando assim o aumento da temperatura, reduzindo o risco de necrose óssea (Al-Juboori, 2016).

De facto, num estudo *in vitro*, Jeong et al. (2014) compararam a cirurgia implantar com e sem retalho e, mediram os níveis de temperatura nos locais das osteotomias realizados pelas brocas cirúrgicas. Verificaram que a temperatura era mais elevada com utilizada a técnica cirúrgica sem retalho, no entanto, tal não foi estatisticamente significativo (Jeong et al., 2014).

Para além disso, podem ocorrer complicações intra-operatórias, como perfurações ou deiscências, com uma incidência de 3,8% na utilização da técnica *Flapless* implantes, embora a cirurgia guiada por CBCT possa minimizar estes riscos, estes podem ainda ocorrer (Brodala, 2009).

4.6. Planeamento da reabilitação protética

O planeamento protético inicia o processo da cirurgia guiada, sendo crucial porque torna previsíveis os resultados dos tratamentos de reabilitação oral com implantes endoósseos. Este diagnóstico pré-operatório e preciso, é realizado utilizando dados recolhidos por CBCT em formato DICOM e digitalização ótica em formato STL.

O implante é então selecionado e posicionado digitalmente após todas as transferências de dados terem sido compiladas no programa de planeamento virtual (Lavorgna et al., 2018).

De facto, embora tanto os métodos convencionais como os métodos digitais possam ser utilizados para a reabilitação protética baseada na cirurgia guiada, o método digitalizado é preferido, graças à redução do desconforto para o paciente, à melhoria da qualidade do planeamento cirúrgico-protético, conceção e fabrico das reabilitações protéticas implantossuportadas, bem como ao aumento da exatidão, precisão, repetibilidade e redução total do tempo de tratamento (Tonetto et al., 2014).

A fim de alcançar os melhores resultados estéticos e explorar plenamente o potencial do sistema digital, foi implementada uma nova tecnologia denominada *Digital Smile Design* (DSS) no planeamento tridimensional. Esta invenção inclui fotografias extra- orais com e sem retratores labiais e, a partir destes *clichés*, será criada uma simulação computadorizada do sorriso final do paciente (Giacomelli et al., 2018).



Figura 27. Imagem do *Software Digital smile system*. Adaptado de (Giacomelli et al., 2018).

Foram colocadas em prática várias recomendações técnicas no programa protótipo do DSS para evitar potenciais erros. Estas incluem a indicação de colocação do doente na posição ideal e utilizar óculos específicos que permitam uma calibração exata (Lavorgna et al., 2018).

Graças à variedade de ferramentas e à vasta biblioteca de dados sobre dentes naturais e artificiais, este *software* permite obter simulações de sorrisos personalizados, específicos e adaptados a cada paciente (Giacomelli et al., 2018).

Após a recolha dos registos intermaxilares de modo manual ou digital, o método é aplicado imediatamente. Os ficheiros DSS são carregados no *software* 3D e incluem ficheiros PDF e imagens do rosto do paciente com um desenho de sorriso virtual bidimensional (2D) personalizado. Estes são depois sobrepostos com imagens digitalizadas dos maxilares ou de uma potencial prótese pré-existente em formato STL e DICOM (Lavorgna et al., 2018).

O laboratório dentário utilizará então este *software* 3D (software Exocad®, Exocad GmbH), nomeadamente as ferramentas Freeform (software Exocad®, Exocad GmbH),

para transformar a disposição virtual dos dentes 2D numa disposição dentária 3D, colocando um dente da biblioteca do *software* ou criando dentes personalizados a partir do contorno virtual do sorriso obtido.

Após esta modelação tridimensional do sorriso do paciente, um ficheiro *software* 3D específico é enviado para uma impressora 3D e um protótipo de resina é concebido e testado em boca (Figura 28), a fim de verificar o ajuste correto oclusal e a estética do sorriso e do rosto (Lavorgna et al., 2018).



Figura 28. Imagem do protótipo de resina baseado em ficheiros DSS, DICOM e STL.
Adaptado de (Lavorgna et al., 2018).

Posteriormente é realizado um exame radiográfico (CBCT) com este protótipo, que será utilizado como um *stent* radiológico. Os dados DICOM e STL digitalizados serão enviados para um *software* e sobrepostos. Seguidamente, os implantes serão selecionados a partir de uma biblioteca específica, sendo o seu número e posição planeados previamente a cirurgia. Os implantes e os respetivos pilares de cicatrização são então colocados na boca (Lavorgna et al., 2018).

Após algumas semanas, digitaliza-se os *scans bodies* (Figura 29). A barra de retenção para a prótese é produzida digitalmente utilizando este *scanner* e um *software* 3D. A implantologia dentária utiliza *scan bodies*, que são pilares personalizados. Trata-se de ferramentas de digitalização intra-orais que funcionam como transferes de impressão digital. São concebidos para se adaptarem a cada plataforma de implante e representam corretamente a posição e orientação real do implante na boca do paciente. A utilização desta informação é inestimável na criação de reabilitações temporárias e definitivas de implantes dentários, garantindo um ajuste preciso e uma melhor estética para o paciente (Ludlow & Renne, 2017).

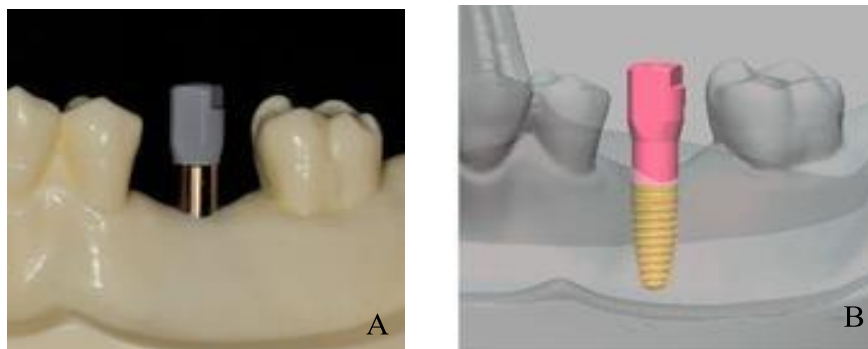


Figura 29. A) *Scan bodies* conectado a um implante; B) Verificação da posição do implante utilizando *software*. Adaptado de (Lin et al., 2020).

Para construir um modelo de gesso, é efetuada uma impressão da barra. Esta fase é crucial para completar a conceção da prótese. A barra é então polida uma última vez antes de ser digitalizada e os dados digitais são adquiridos.

Com base nestes dados digitais, o laboratório fabrica a contra-barra da prótese, que é colocada num protótipo, adaptado aos dentes. Esta fase permite avaliar o funcionamento da prótese digital. A prótese e a estrutura de retenção são terminadas, polidas na perfeição e entregues no consultório para serem colocadas, ajustadas e fixadas aos implantes dentários com binário de aperto específico (Lavorgna et al., 2018).

Estas reabilitações implantossuportadas podem ser: aparafusadas, cimentadas ou retidas por meio de pinças. O método ou forma de retenção é determinado pelo médico dentista de acordo com determinados parâmetros previamente analisados (Figura 30).

A reabilitação implantossuportada aparafusada constitui o método clínico mais comum de fixação das reabilitações protéticas, pois permite não só uma melhor higienização dos implantes e da mucosa periimplantar, como também facilita o acesso nas reparações técnicas laboratoriais. Finalmente, o paciente é instruído sobre os métodos de manutenção da reabilitação implantossuportada (Lavorgna et al., 2018).

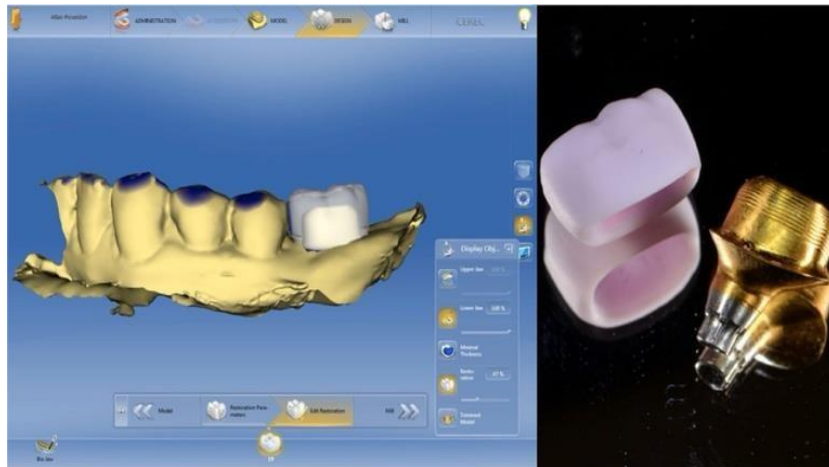


Figura 30. Fabrico digital do pilar definitivo e da reabilitação protética.
Adaptado de (Ludlow & Renne, 2017).

III. CONCLUSÃO

Em suma, a reabilitação oral de pacientes desdentados com implantes dentários endoósseos, através de cirurgia guiada, deixou de ser uma solução dispendiosa e utilizada apenas nos casos complexos, mas sim, passou a constituir uma técnica cada vez mais presente nos planeamentos clínicos em geral.

Esta transição foi possível graças aos avanços tecnológicos, como a digitalização, a radiografia tridimensional e o desenvolvimento de *softwares* de planeamento, que estão diretamente integrados no processo de desenvolvimento da guia cirúrgica. Este procedimento visa preservar as características anatómicas maxilares, contribuindo para uma otimização dos procedimentos e técnicas cirúrgicas, resultando num aumento da taxas de sucesso e dos resultados estéticos.

A cirurgia guiada constitui um método menos invasivo por não utilizar retalho cirúrgico aberto, oferecendo ao paciente maior comodidade, menor edema e morbilidade, contribuindo para uma aceleração do processo de recuperação pós-operatória. Graças a estas vantagens, representa um avanço importante no domínio da medicina dentária, oferecendo grandes perspectivas de melhoria da qualidade dos tratamentos dentários.

Para a instalação de implantes dentários, a cirurgia guiada quer seja completamente guiada, parcialmente guiada ou de mão livre, oferece certos benefícios associados a resultados vantajosos. A elevada precisão da cirurgia totalmente guiada destaca-se, pela reduzida possibilidade de desvio apical do implante, redução dos sinais e sintomas pós-operatórios como a dor e edema, contribuindo para uma menor morbilidade. A elevada precisão da posição final do implante após cicatrização óssea, permite obter melhores resultados funcionais e estéticos, proporcionando um elevado nível de fiabilidade dos resultados.

A cirurgia parcialmente guiada, por outro lado, apresenta uma opção mais económica com uma precisão e fiabilidade aceitáveis. Apesar de ser menos dispendioso, o método à mão livre apresenta uma maior probabilidade de erros e dificuldades técnicas.

As guias cirúrgicas fixas, oferecem uma melhor precisão na instalação dos implantes dentários endoósseos, quando comparadas com as guias cirúrgicas móveis. O posicionamento e a correta estabilização da guia cirúrgica, são essenciais para garantir um desempenho seguro e previsível da cirurgia guiada.

Apesar da cirurgia guiada ser comumente realizada com técnica *Flapless*, sendo esta indicada nas regiões estéticas, associada a melhor resultado imediato e menor morbidade pela ausência de retalho aberto, os riscos de ocorrerem perfurações ósseas ou complicações intra-operatórias como danos térmicos a nível do tecido ósseo pela insuficiente irrigação dos instrumentos cirúrgicos de corte rotativo e obstrução da guia cirúrgica, constituem parâmetros que devem ser ponderados previamente no plano de tratamento.

Salienta-se na técnica *Flapless*, que em regiões desdentadas unitárias, observou-se uma melhor estética, estabilidade do nível papilar, redução do risco hemorrágico e da dor pós-operatória associada a menor edema com menor morbidade, redução do stress e tempo cirúrgico, contribuindo para uma maior satisfação do paciente. No entanto conclui-se que, quando comparadas as técnicas *Flapless* e cirurgia com retalho aberto, que se obteve melhor controle da profundidade durante a instalação dos implantes nas cirurgias com retalho aberto, com desvios de localização e ângulo e, taxas de sobrevivência e alterações periimplantares, semelhantes para as duas técnicas.

Desta forma, cabe ao cirurgião decidir qual a melhor técnica a utilizar, baseado na sua experiência profissional e familiarização com os protocolos clínicos da técnica de cirurgia guiada *Flapless*.

No entanto na cirurgia guiada, é importante reconhecer que podem ocorrer erros, o que sublinha a necessidade de os cirurgiões compreenderem os riscos associados, receberem formação adequada e terem um nível mínimo de experiência e adaptação aos sistemas informáticos.

É crucial sublinhar que a configuração adequada do *software* de planeamento cirúrgico, é essencial para alcançar os melhores resultados, tanto na cirurgia totalmente guiada como na cirurgia parcialmente guiada. De forma a otimizar os resultados, é importante a seleccionar cuidadosamente a técnica cirúrgica adequada para cada situação clínica.

No futuro, a reabilitação oral com implantes através da cirurgia guiada continuará de certa forma a evoluir. Estes avanços envolverão uma maior integração da inteligência artificial, implementação da realidade virtual aumentada, a miniaturização dos instrumentos cirúrgicos e a utilização da bioimpressão em conjunto com a impressão 3D. Estes desenvolvimentos tecnológicos visam melhorar a precisão dos procedimentos clínicos e aproximá-los da realidade anatómica.

Graças à integração da engenharia digital na cirurgia guiada, a medicina dentária atingirá níveis tecnológicos sem precedentes, oferecendo procedimentos dentários mais precisos, eficientes e personalizados em benefício dos pacientes e da qualidade global dos cuidados de saúde dentária.

IV. BIBLIOGRAFIA

3Dcelo | Protocole opératoire de la chirurgie implantaire guidée.
(n.d.). <https://www.3dcelo.com/blog/protocole-operatoire-chirurgie-implantaire-guidee>

Abad-Gallegos, M., Gómez-Santos, L., Ma, S., Piñera-Penalva, M., Freixes-Gil, J., Castro-García, A., & Gay-Escoda, C. (2011). Complications of guided surgery and immediate loading in oral implantology: A report of 12 cases. *Medicina Oral Patologia Oral Y Cirugia Bucal*, e220–e224. <https://doi.org/10.4317/medoral.16.e220>

Abramovitch, K., & Rice, D. (2014). Basic principles of cone beam computed tomography. *Dental Clinics of North America*, 58(3), 463–484. <https://doi.org/10.1016/j.cden.2014.03.002>

Ahmed, S. S., Kumar, M. R., & Hashmi, G. S. (2020). Radiological Aspects of Dental Implants: A Narrative Review. *Asian Pacific Journal of Health Sciences*, 7(4), 53–57. Retrieved from <https://www.apjhs.com/index.php/apjhs/article/view/1112>

Al-Juboori, M. J. (2016). Flap Designs for Implant-Related Surgical Procedures. *Implant Dentistry*. <https://doi.org/10.1097/id.0000000000000460>

Aparicio, C., Manresa, C., Francisco, K., Clarós, P., Alandez, J., González-Martín, O., & Albrektsson, T. (2014). Zygomatic implants: indications, techniques and outcomes, and the Zygomatic Success Code. *Periodontology 2000*, 66(1), 41–58. <https://doi.org/10.1111/prd.12038>

- Assaf, M., & Gharbyeh, A. Z. A. (2014). Screw-retained crown restorations of single implants: A step-by-step clinical guide. *European Journal of Dentistry*, 08(04), 563–570. <https://doi.org/10.4103/1305-7456.143645>
- Atsu, S. S. (2006). A surgical guide for dental implant placement in edentulous posterior regions. *Journal of Prosthetic Dentistry*, 96(2), 129–133. <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2006.06.006>
- Baudoin C., & Bennani, V. (2003). *Un projet prothétique en implantologie. A prosthetic project in implantology* (Quintessence International).
- Becker, W., Wikesjö, U. M., Sennerby, L., Qahash, M., Hujoel, P. P., Goldstein, M., & Turkyilmaz, I. (2006). Histologic evaluation of implants following flapless and flapped surgery: a study in canines. *Journal of Periodontology*, 77(10), 1717–1722. <https://doi.org/10.1902/jop.2006.060090>
- Bencharit S, Staffen A, Yeung M, Whitley D, Laskin DM, Deeb GR. Guides chirurgicaux implantaires in vivo fabriqués avec des imprimantes stéréolithographiques de bureau: la chirurgie entièrement guidée est plus précise que la chirurgie partiellement guidée. *J Oral Maxillofac Surg*. 2018 ;76 : 1431–9. <https://doi.org/10.1016/j.joms.2018.02.010>.
- Beshtawi, K. R., Peck, M., & Chetty, M. (2021). Review of the radiographic modalities used during dental implant therapy - A narrative. *South African Dental Journal*, 76(2), 84–90. <https://doi.org/10.17159/2519-0105/2021/v76no2a4>
- Block, M. S. (2018). Dental Implants: the last 100 years. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, 76(1), 11-26. <https://doi.org/10.1016/j.joms.2017.08.045>

- Block, M. S., & Emery, R. E. (2016). Static or Dynamic Navigation for Implant Placement—Choosing the Method of Guidance. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, 74(2), 269–277. <https://doi.org/10.1016/j.joms.2015.09.022>
- Bohner, L., & Hanisch, M. (2022). New Treatment Concepts in Implantology—The role of digital innovations for an individualized dental implant rehabilitation. *Journal of Clinical Medicine*, 11(19), 5667. <https://doi.org/10.3390/jcm11195667>
- Brodala N. (2009). Flapless surgery and its effect on dental implant outcomes. *The International journal of oral & maxillofacial implants*, 24 Suppl, 118–125.
- Camacho-Alonso, F., Muñoz-Cámara, D., & Sánchez-Siles, M. (2019). Attitudes of dental implantologists in Spain to prescribing antibiotics, analgesics, and anti-inflammatories in healthy patients. *Medicina Oral Patologia Oral Y Cirugia Bucal*. <https://doi.org/10.4317/medoral.23103>
- Campelo, L. D., & Camara, J. R. (2002). Flapless implant surgery: a 10-year clinical retrospective analysis. *The International journal of oral & maxillofacial implants*, 17(2), 271–276.
- Cannizzaro, G., Leone, M., Consolo, U., Ferri, V., & Esposito, M. (2008). Immediate functional loading of implants placed with flapless surgery versus conventional implants in partially edentulous patients: a 3-year randomized controlled clinical trial. *The International journal of oral & maxillofacial implants*, 23(5), 867–875.
- Carosi, P., Ferrigno, N., De Renzi, G., & Laureti, M. (2020). Digital workflow to merge an intraoral scan and CBCT of edentulous maxilla: a technical report. *Journal of Prosthodontics*, 29(8), 730–732. <https://doi.org/10.1111/jopr.13221>
- Chan, H. L., Misch, K., & Wang, H. (2010). Dental Imaging in Implant Treatment Planning. *Implant Dentistry*, 19(4), 288–298. <https://doi.org/10.1097/id.0b013e3181e59ebd>

- Chen, Y., Zhang, X., Wang, M., Jiang, Q., & Mo, A. (2020). Accuracy of Full-Guided and Half-Guided Surgical Templates in Anterior Immediate and Delayed Implantation: A Retrospective Study. *Materials*, 14(1), 26. <https://doi.org/10.3390/ma14010026>
- Chrcanovic, B. R., Albrektsson, T., & Wennerberg, A. (2014). Flapless versus Conventional Flapped Dental Implant Surgery: A Meta-Analysis. *PLOS ONE*, 9(6), e100624. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0100624>
- Cosyn, J., Hooghe, N., & De Bruyn, H. (2012). A systematic review on the frequency of advanced recession following single immediate implant treatment. *Journal of Clinical Periodontology*, 39(6), 582–589. <https://doi.org/10.1111/j.1600-051x.2012.01888.x>
- D’Addazio, G., Xhajanka, E., Traini, T., Santilli, M., Rexhepi, I., Murmura, G., Caputi, S., & Sinjari, B. (2022). Accuracy of DICOM–DICOM vs. DICOM–STL Protocols in Computer-Guided Surgery: A Human Clinical Study. *Journal of Clinical Medicine*, 11(9), 2336. <https://doi.org/10.3390/jcm11092336>
- Da Cunha, R. M., Souza, F. Á., Hadad, H., Poli, P. P., Maiorana, C., & De Carvalho, P. S. P. (2021). Accuracy evaluation of computer-guided implant surgery associated with prototyped surgical guides. *Journal of Prosthetic Dentistry*, 125(2), 266–272. <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2019.07.010>
- Dau, M., Edalatpour, A., Schulze, R., Al-Nawas, B., Alshihri, A., & Kämmerer, P. W. (2017). Presurgical evaluation of bony implant sites using panoramic radiography and cone beam computed tomography—influence of medical education. *Dentomaxillofacial Radiology*, 46(2), 20160081. <https://doi.org/10.1259/dmfr.20160081>
- De Almeida, E. O., Pellizzer, E. P., Goiatto, M. C., Margonar, R., Rocha, E., Freitas, A. C., & Anchieta, R. B. (2010). Computer-Guided Surgery in Implantology. *Journal of Craniofacial Surgery*, 21(6), 1917–1921. <https://doi.org/10.1097/scs.0b013e3181f4b1a0>

- De Kok, I. J., Thalji, G., Bryington, M., & Cooper, L. F. (2014). Radiographic Stents. *Dental Clinics of North America*, 58(1), 181–192. <https://doi.org/10.1016/j.cden.2013.09.008>
- De Santis, D., Malchiodi, L., Cucchi, A., Cybulski, A., Verlato, G., Gelpi, F., & Nocini, P. F. (2019). The Accuracy of Computer-Assisted Implant Surgery Performed Using Fully Guided Templates versus Pilot-Drill Guided Templates. *BioMed Research International*, 2019, 1–10. <https://doi.org/10.1155/2019/9023548>
- Deeb, G., Tran, D. N., & Deeb, J. G. (2020). Computer-Aided Planning and Placement in Implant Surgery. *Atlas of the oral and maxillofacial surgery clinics of North America*. <https://doi.org/10.1016/j.cxom.2020.05.001>
- Delac, K., Grgic, M., Mustra, M. "Overview of the DICOM standard," 2008 50th International Symposium ELMAR, Borik Zadar, Croatia, 2008, pp. 39-44
- D'Haese, J., Ackhurst, J., Wismeijer, D., De Bruyn, H., & Tahmaseb, A. (2016). Current state of the art of computer-guided implant surgery. *Periodontology 2000*, 73(1), 121–133. <https://doi.org/10.1111/prd.12175>
- Diz, P., Scully, C., & Sanz, M. (2013). Dental implants in the medically compromised patient. *Journal of Dentistry*, 41(3), 195–206. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2012.12.008>
- Ebenezer, S., Kumar, V., & Thor, A. (2021). Basics of Dental Implantology for the Oral Surgeon. In *oral and maxillofacial surgery for the clinician* (pp. 385–405). https://doi.org/10.1007/978-981-15-1346-6_18
- Ebenezer, V., Kg, B., Asir, R. V. D., & Sragunar, B. (2015). Immediate placement of endosseous implants into the extraction sockets. *Journal of Pharmacy and Bioallied Sciences*, 7(5), 234. <https://doi.org/10.4103/0975-7406.155926>
- Esposito, M., Grusovin, M. G., Chew, Y. S., Coulthard, P., & Worthington, H. V. (2009). Interventions for replacing missing teeth: 1- versus 2-stage implant placement. *The Cochrane Library*. <https://doi.org/10.1002/14651858.cd006698.pub2>

- F. Bover-Ramos, J. Viña-Almunia, J. Cervera-Ballester, M. Peñarrocha- Diago et B. García-Mira, « Précision du placement d'implants avec chirurgie guidée par ordinateur : une revue systématique et méta -analyse comparant les études cadavériques, cliniques et in vitro », *Le Journal international des implants buccaux et maxillo-faciaux*, vol. 33, non. 1, p. 101-115, 2018.
- Flügge, T., Kramer, J., Nelson, K., Nahles, S., & Kern, F. (2022). Digital implantology—a review of virtual planning software for guided implant surgery. Part II: Prosthetic set-up and virtual implant planning. *BMC Oral Health*, 22(1). <https://doi.org/10.1186/s12903-022-02057-w>
- Fortin, T., Camby, E., Alik, M., Isidori, M., & Bouchet, H. (2013). Panoramic Images versus Three-Dimensional Planning Software for Oral Implant Planning in Atrophied Posterior Maxillary: A Clinical Radiological Study. *Clinical Implant Dentistry and Related Research*, 15(2), 198–204. <https://doi.org/10.1111/j.1708-8208.2011.00342.x>
- Gargallo-Albiol, J., Barootchi, S., Salomó-Coll, O., & Wang, H. (2019). Advantages and disadvantages of implant navigation surgery. A systematic review. *Annals of Anatomy-anatomischer Anzeiger*, 225, 1–10. <https://doi.org/10.1016/j.aanat.2019.04.005>
- Geng, W., Liu, C., Su, Y., Li, J., & Zhou, Y. (2015). Accuracy of different types of computer-aided design/computer-aided manufacturing surgical guides for dental implant placement. *International journal of clinical and experimental medicine*, 8(6), 8442–8449.
- Giacomelli, C., Hanss, J., Sastre, T. (2018, March 28). *Le flux numérique Du diagnostic à l'essayage esthétique et fonctionnel - L'information dentaire*. L'information dentaire. 12(109),26-31. <https://www.sensdigitaldentistry.com/wp-content/uploads/2018/10/Article-C.-GIACOMELLI-id.pdf>

- Gómez-de Diego, R., Mang-de la Rosa, M. del R., Romero-Pérez, M. J., Cutando-Soriano, A., & López-Valverde-Centeno, A. (2014). Indications and contraindications of dental implants in medically compromised patients: update. *Medicina oral, patología oral y cirugía bucal*, 19(5), e483–e489. <https://doi.org/10.4317/medoral.19565>
- Greenberg, A. M. (2015). Digital Technologies for Dental Implant Treatment Planning and Guided Surgery. *Oral and Maxillofacial Surgery Clinics of North America*, 27(2), 319–340. <https://doi.org/10.1016/j.coms.2015.01.010>
- Hämmerle, C. H., Stone, P., Jung, R. E., Kapos, T., & Brodala, N. (2009). Consensus statements and recommended clinical procedures regarding computer-assisted implant dentistry. *The International journal of oral & maxillofacial implants*, 24 Suppl, 126–131.
- Harris, D. R., Buser, D., Dula, K., Gröndahl, K., Harris, D. R., Jacobs, R., Lekholm, U., Nakielnny, R., Van Steenberghe, D., & Van Der Stelt, P. F. (2002). E.A.O. Guidelines for the use of Diagnostic Imaging in Implant Dentistry. *Clinical Oral Implants Research*, 13(5), 566–570. <https://doi.org/10.1034/j.1600-0501.2002.130518.x>
- Hüe, O., Mense, C., Tavitian, O. (2020). « All-on-4 » mandibulaire et mise en charge immédiate : à propos d'un cas Mandibular « All-on-4 » and immediat loading : about a case- *Journal de Parodontologie & d'Implantologie Orale* https://www.editionsdcdp.fr/revues/jpio/article/n-146/a-all-on-4-a-mandibulaire-et-mise-en-charge-immacdiate-a-propos-d-un-casmandibular-a-all-on-4-a-and-immediat-loading-about-a-case-JPIO_R39-4_P317-P328.html
- Hussain, M. R., Chaudhary, M. a. G., Ahmed, A., & Abullais, S. S. (2017). Latest Trends in Imaging Techniques for Dental Implant: A Literature review. *Therapy in Radiology and Oncology*, 13(5), 410–415. <https://doi.org/10.1016/j.tro.2017.03.007>

- Jacobs, R., Salmon, B., Codari, M., Hassan, B., & Bornstein, M. M. (2018). Cone beam computed tomography in implant dentistry: recommendations for clinical use. *BMC Oral Health*, 18(1). <https://doi.org/10.1186/s12903-018-0523-5>
- Jeong, S. M., Yoo, J. H., Fang, Y., Choi, B. H., Son, J. S., & Oh, J. H. (2014). The effect of guided flapless implant procedure on heat generation from implant drilling. *Journal of Cranio-maxillofacial Surgery*, 42(6), 725–729. <https://doi.org/10.1016/j.jcms.2013.11.002>
- Jung, C., Tae, Y., Kim, S. O., Park, H., & Park, K. (2020). Full-mouth rehabilitation with immediate loading and guided implant surgery: a case report. *Daehan Chi'gwa I'sig (Impeu'lanteu) Haghoeji*, 39(4), 35–42. <https://doi.org/10.54527/jdir.2020.39.4.35>
- Katsoulis, J., Pazera, P., & Mericske-Stern, R. (2009). Prosthetically Driven, Computer-Guided Implant Planning for the edentulous maxilla: a model study. *Clinical Implant Dentistry and Related Research*, 11(3), 238–245. <https://doi.org/10.1111/j.1708-8208.2008.00110.x>
- Kernen, F., Kramer, J., Wanner, L. M., Wismeijer, D., Nelson, K., & Flügge, T. (2020). A review of virtual planning software for guided implant surgery - data import and visualization, drill guide design and manufacturing. *BMC Oral Health*, 20(1). <https://doi.org/10.1186/s12903-020-01208-1>
- Kim, E. K., Lee, S., Choi, M., Yong, H. S., Lee, C., Kim, J., & Heo, M. (2020). Developing evidence-based clinical imaging guidelines of justification for radiographic examination after dental implant installation. *BMC Medical Imaging*. <https://doi.org/10.1186/s12880-020-00501-3>
- Klokkevold, P. R. (2015). Cone beam computed tomography for the dental implant patient. *Journal of the California Dental Association*, 43(9), 521–530. <https://doi.org/10.1080/19424396.2015.12222892>

- Kühl, S., Zürcher, S., Mahid, T., Müller-Gerbl, M., Filippi, A., & Cattin, P. C. (2012). Accuracy of full guided vs. half-guided implant surgery. *Clinical Oral Implants Research*, 24(7), 763–769. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0501.2012.02484.x>
- Lahoti, K., Dandekar, S., Gade, J., & Agrawal, M. (2021). Comparative evaluation of crestal bone level by flapless and flap techniques for implant placement: Systematic review and meta-analysis. *The Journal of Indian Prosthodontic Society*, 21(4), 328. https://doi.org/10.4103/jips.jips_208_21
- Laverty, D., Buglass, J., & Patel, A. (2018). Flapless dental implant surgery and use of cone beam computer tomography guided surgery. *British Dental Journal*, 224(8), 591–602. <https://doi.org/10.1038/sj.bdj.2018.268>
- Lavorgna, L., Vitali, T.O., Caviggioli, I., & Ortensi, L. (2018). Fully Digital Workflow for an Implant Retained Overdenture by Digital Smile Project to Guided Surgery and Prosthetic Rehabilitation. *International Journal of Science and Research*, 7(12), 1534-1542. <https://doi.org/10.21275/ART20194005>
- Li, J., Chen, Z., Chan, H. L., Sinjab, K., Yu, H., & Wang, H. (2019). Does flap opening or not influence the accuracy of semi-guided implant placement in partially edentulous sites? *Clinical Implant Dentistry and Related Research*, 21(6), 1253–1261. <https://doi.org/10.1111/cid.12847>
- Lin, C., Ishikawa, M., Huang, B. H., Huang, M., Cheng, H. C., Maida, T., Noji, T., & Endo, K. (2020). In vitro accuracy of static guided implant surgery measured by optical scan: Examining the impact of operator experience *Applied Sciences*, 10(8), 2718. <https://doi.org/10.3390/app10082718>
- Lin, C., Wu, C. C., Huang, M. L., Huang, C. C., Cheng, H. C., & Wang, D. P. (2020). Fully Digital Workflow for Planning Static Guided Implant Surgery: A Prospective Accuracy Study. *Journal of Clinical Medicine*, 9(4), 980. <https://doi.org/10.3390/jcm9040980>

- Lin, G., Chan, H., Bashutski, J. D., Oh, T. J., & Wang, H. (2014). The Effect of flapless surgery on implant survival and marginal bone Level: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Journal of Periodontology*, 85(5), e91–e103. <https://doi.org/10.1902/jop.2013.130481>
- Ludlow, M., & Renne, W. G. (2017). Digital Workflow in Implant Dentistry. *Current Oral Health Reports*. <https://doi.org/10.1007/s40496-017-0134-2>
- Luthra, R., Kaur, P., & Sharma, P. (2012). Implant radiology: The journey so far. . . . *Journal of Dental Implants*. <https://doi.org/10.4103/0974-6781.102229>
- Marlière, D. a. A., Demétrio, M. S., Picinini, L. S., De Oliveira, R. C., & De Miranda Chaves Netto, H. D. (2018). Accuracy of computer-guided surgery for dental implant placement in fully edentulous patients: A systematic review. *European Journal of Dentistry*, 12(01), 153–160. https://doi.org/10.4103/ejd.ejd_249_17
- Mora, M., Chenin, D. L., & Arce, R. M. (2014). Software tools and surgical guides in Dental-Implant-Guided surgery. *Dental Clinics of North America*, 58(3), 597–626. <https://doi.org/10.1016/j.cden.2014.04.001>
- Moraschini, V., Velloso, G., Luz, D., & Barboza, E. P. (2015). Implant survival rates, marginal bone level changes, and complications in full-mouth rehabilitation with flapless computer-guided surgery: a systematic review and meta- analysis. *International Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, 44(7), 892– 901. <https://doi.org/10.1016/j.ijom.2015.02.013>
- Nagarajan, A., Perumalsamy, R., Thyagarajan, R., & Namasivayam, A. (2014). Diagnostic Imaging for Dental Implant Therapy. *Journal of Clinical Imaging Science*, 4(2), 4. <https://doi.org/10.4103/2156-7514.143440>
- Nasseh, I., & Al-Rawi, W. (2018). Cone Beam Computed Tomography. *Dental Clinics of North America*, 62(3), 361–391. <https://doi.org/10.1016/j.cden.2018.03.002>

- O'Sullivan, D., Sennerby, L., & Meredith, N. (2000). Measurements comparing the initial stability of five designs of dental implants: a human cadaver study. *Clinical implant dentistry and related research*, 2(2), 85–92. <https://doi.org/10.1111/j.1708-8208.2000.tb00110.x>
- Orban, K., Varga, E., Windisch, P., Braunitzer, G., & Molnár, B. (2021). Accuracy of half-guided implant placement with machine-driven or manual insertion: a prospective, randomized clinical study. *Clinical Oral Investigations*, 26(1), 1035–1043. <https://doi.org/10.1007/s00784-021-04087-0>
- Otoni, J. M., Oliveira, Z. F., Mansini, R., & Cabral, A. M. (2005). Correlation between placement torque and survival of single-tooth implants. *The International journal of oral & maxillofacial implants*, 20(5), 769–776.
- Panchal, N., Mahmood, L., Retana, A., & Emery, R. E. (2019). Dynamic Navigation for Dental Implant Surgery. *Oral and Maxillofacial Surgery Clinics of North America*, 31(4), 539-547. <https://doi.org/10.1016/j.coms.2019.08.001>
- Pj, H., & Liddelow, G. (2008). Immediate loading of dental implants. *Australian Dental Journal*, 53(s1). <https://doi.org/10.1111/j.1834-7819.2008.00044.x>
- Pozzi, A., Tallarico, M., Marchetti, M., Scarfò, B., & Esposito, M. (2014). Computer-guided versus free-hand placement of immediately loaded dental implants: 1-year post-loading results of a multicentre randomised controlled trial. *European journal of oral implantology*, 7(3), 229–242.
- Rai, S., Rai, A., Kumar, T., Kumari, M., Somanna, M. K., & Bandgar, S. (2020). Immediately loaded single unit dental implants: A clinical study. *Journal of Pharmacy and Bioallied Sciences*, 12(5), 245. https://doi.org/10.4103/jpbs.jpbs_72_20
- Ramasamy, M., Giri, Raja, R., Subramonian, Karthik, & Narendrakumar, R. (2013). Implant surgical guides: From the past to the present. *Journal of Pharmacy and Bioallied Sciences*, 5(5), 98. <https://doi.org/10.4103/0975-7406.113306>

- Rees, J. (2012). Asepsis in implant dentistry. *Primary Dental Journal*, 1(1), 47–49. <https://doi.org/10.1308/205016812803838348>
- Rios, H. F., Borgnakke, W. S., & Benavides, E. (2017). The use of Cone-Beam computed tomography in management of patients requiring dental implants: An American Academy of Periodontology Best Evidence Review. *Journal of Periodontology*, 88(10), 946–959. <https://doi.org/10.1902/jop.2017.160548>
- Robert CAVÉZIAN Actes. Société française d'histoire de l'art dentaire, 2007, 12 PAGE 35-39 <https://docplayer.fr/4506751-Evolution-historique-du-concept-implantaire-passe-present-et-futur-des-moyens-predictifs-d-imagerie.html>
- Rousseau, P. (2010). Flapless and Traditional dental Implant Surgery: An open, retrospective comparative study. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, 68(9), 2299–2306. <https://doi.org/10.1016/j.joms.2010.05.031>
- Salviano, S. H., Lopes, J. C. A., Da Silva Brum, I., Machado, K., Pedrazzi, M. T., & De Carvalho, J. J. (2023). Digital Planning for Immediate Implants in Anterior Esthetic Area: Immediate Result and Follow-Up after 3 Years of Clinical Outcome—Case Report. *Dentistry Journal*, 11(1), 15. <https://doi.org/10.3390/dj11010015>
- Sanz-Sánchez, I., Sanz-Martín, I., Figuero, E., & Sanz, M. (2014). Clinical efficacy of immediate implant loading protocols compared to conventional loading depending on the type of the restoration: a systematic review. *Clinical Oral Implants Research*, 26(8), 964–982. <https://doi.org/10.1111/clr.12428>
- Sârbu I. (2008). The immediate insertion, loading and provisional prosthetic restoration of dental implants. *Journal of medicine and life*, 1(2), 218–227.
- Schnitman, P. A., Wöhrle, P. S., Rubenstein, J. E., DaSilva, J. D., & Wang, N. H. (1997). Ten-year results for Brånemark implants immediately loaded with fixed prostheses at implant placement. *The International journal of oral & maxillofacial implants*, 12(4), 495–503.

- Schulz, M. C., Hofmann, F., Range, U., Lauer, G., & Haim, D. (2019). Pilot-drill guided vs. full-guided implant insertion in artificial mandibles—a prospective laboratory study in fifth-year dental students. *International Journal of Implant Dentistry*, 5(1). <https://doi.org/10.1186/s40729-019-0176-4>
- Sclar, A. G. (2007). Guidelines for Flapless Surgery. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, 65(7), 20–32. <https://doi.org/10.1016/j.joms.2007.03.017>
- Sennerby, L., Rocci, A., Becker, W., Jonsson, L., Johansson, L., & Albrektsson, T. (2008). Short-term clinical results of Nobel Direct implants: a retrospective multicentre analysis. *Clinical Oral Implants Research*, 19(3), 219–226. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0501.2007.01410.x>
- Soto-Peñaloza, D., Zaragozi-Alonso, R., Peñarrocha-Diago, M., & Peñarrocha-Diago, M. (2017). The all-on-four treatment concept: Systematic review. *Journal of Clinical and Experimental Dentistry*, 0. <https://doi.org/10.4317/jced.53613>
- Stevens, M. J., & Frazier, K. R. (2021). Preoperative implant evaluation and virtual treatment planning. *Clinical Dentistry Reviewed*, 5(1). <https://doi.org/10.1007/s41894-021-00110-5>
- Tatakis, D. N., Chien, H., & Parashis, A. O. (2019). Guided implant surgery risks and their prevention. *Periodontology* 2000, 81(1), 194–208. <https://doi.org/10.1111/prd.12292>
- Tettamanti, L., Andrisani, C., Ma, B., Vinci, R., Silvestre-Rangil, J., & Tagliabue, A. (2017). IMMEDIATE LOADING IMPLANTS: REVIEW OF THE CRITICAL ASPECTS. *Oral & Implantology*, 10(2), 129. <https://doi.org/10.11138/orl/2017.10.2.129>
- Tonetto, M. R., Bandeca, M. C., Mascarenhas, V. I., Tavares, L. J., & Mendes, L. M. F. (2014). The use of Computer Guided Implant Surgery in Oral Rehabilitation: A Literature Review. *World Journal of Dentistry*, 5(1), 60–63. <https://doi.org/10.5005/jp-journals-10015-1259>

- Tyndall, D. A., & Brooks, S. L. (2000). Selection criteria for dental implant site imaging: a position paper of the American Academy of Oral and Maxillofacial radiology. *Oral surgery, oral medicine, oral pathology, oral radiology, and endodontics*, 89(5), 630–637. <https://doi.org/10.1067/moe.2000.106336>
- Van De Velde, T., Glor, F. P., & De Bruyn, H. (2007). A model study on flapless implant placement by clinicians with a different experience level in implant surgery. *Clinical Oral Implants Research*, 19(1), 66–72. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0501.2007.01423.x>
- Velasco-Ortega, E., Jiménez-Guerra, A., Ortiz-García, I., Moreno-Muñoz, J., Núñez-Márquez, E., Cabanillas-Balsera, D., López-López, J., & Monsalve-Guil, L. (2021). Immediate loading of implants placed by guided surgery in geriatric edentulous mandible patients. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(8), 4125. <https://doi.org/10.3390/ijerph18084125>
- Venkatesh, E., & Elluru, S. V. (2017). CONE BEAM COMPUTED TOMOGRAPHY: BASICS AND APPLICATIONS IN DENTISTRY. *Journal of Istanbul University Faculty of Dentistry*, 51(0). <https://doi.org/10.17096/jiufd.00289>
- Vercruyssen, M., Fortin, T., Widmann, G., Jacobs, R., & Quirynen, M. (2014). Different techniques of static/dynamic guided implant surgery: modalities and indications. *Periodontology* 2000, 66(1), 214–227. <https://doi.org/10.1111/prd.12056>
- Voulgarakis, A., Strub, J. R., & Att, W. (2014). Outcomes of implants placed with three different flapless surgical procedures: A systematic review. *International Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, 43(4), 476–486. <https://doi.org/10.1016/j.ijom.2013.10.024>
- Wang, M., Liu, F., Ulm, C., Shen, H., & Rausch-Fan, X. (2022). Short Implants versus Longer Implants with Sinus Floor Elevation: A Systemic Review and Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials with a Post-Loading Follow-Up Duration of 5 Years. *Materials*, 15(13), 4722. <https://doi.org/10.3390/ma15134722>

- Yogui, F., Verri, De Luna Gomes, J., Lemos, C., Cruz, R., & Pellizzer, E. (2021). Comparison between computer-guided and freehand dental implant placement surgery: A systematic review and meta-analysis. *International Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, 50(2), 242–250. <https://doi.org/10.1016/j.ijom.2020.08.004>
- Younes F, Cosyn J, de BT, Cleymaet R, Bouckaert E, Eghbali A. Une étude contrôlée randomisée sur la précision de la chirurgie implantaire à main levée, guidée par foret pilote et entièrement guidée chez des patients partiellement édentés. *J Clin Parodontol*. 2018 ;45: 721-32. <https://doi.org/10.1111/jcpe.12897>.
- Zhou, W., Liu, Z., Song, L., Kuo, C., & Shafer, D. (2018). Clinical Factors Affecting the Accuracy of Guided Implant Surgery—A Systematic Review and Meta-analysis. *Journal of Evidence Based Dental Practice*, 18(1), 28–40. <https://doi.org/10.1016/j.jebdp.2017.07.007>
- Zitzmann, N. U., Margolin, Filippi, A., Weiger, R., & Krastl, G. (2008). Patient assessment and diagnosis in implant treatment. *Australian Dental Journal*, 53(s1), S3–S10. <https://doi.org/10.1111/j.1834-7819.2008.00036.x>