



**INSTITUTO SUPERIOR DE CIÊNCIAS DA SAÚDE
EGAS MONIZ**

MESTRADO INTEGRADO EM MEDICINA DENTÁRIA

**A UTILIZAÇÃO DE MODELOS ESTEREOTÁXICOS NA
PREPARAÇÃO CIRÚRGICA**

Trabalho submetido por
José Filipe Machado Pinto de Aguiar Serafim
para a obtenção do grau de Mestre em Medicina Dentária

junho de 2016



**INSTITUTO SUPERIOR DE CIÊNCIAS DA SAÚDE
EGAS MONIZ**

MESTRADO INTEGRADO EM MEDICINA DENTÁRIA

**A UTILIZAÇÃO DE MODELOS ESTEREOTÁXICOS NA
PREPARAÇÃO CIRÚRGICA**

Trabalho submetido por
José Filipe Machado Pindo de Aguiar Serafim
para a obtenção do grau de Mestre em Medicina Dentária

Trabalho orientado por
Professor Doutor José Martins dos Santos

junho de 2016

DEDICATÓRIA

Quero dedicar este meu trabalho aos meus pais, José Francisco e Filomena, e aos meus irmãos João e Amélia, por tudo aquilo que me possibilitaram e por sempre acreditarem em mim.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, quero agradecer ao Professor Doutor José Martins dos Santos, por toda a ajuda, disponibilidade que demonstrou desde o primeiro momento em que abraçamos esta caminhada. E pela excelente forma como recebe e trata todos os que passam por esta instituição.

Quero agradecer também, a os todos docentes que me ensinaram e ajudaram durante o meu percurso académico.

Agradeço ao Instituto Superior de Ciências da Saúde Egas Moniz, como também a toda a Cooperativa de Ensino Egas Moniz, pela maneira como nos faz sentir em casa.

Quero agradecer à TinTuna, bem como a todos os meus colegas tunantes, desde os mais velhos aos mais novos, por todos os momentos, todos os palcos, todas as músicas e todas as aventuras que partilhamos e que fizeram desde anos uns anos únicos.

Agradeço também a todos os meus amigos que me acompanharam nestes magníficos anos e que quer nas horas de maior folia ou nas de maior aperto estiveram presentes, obrigado pela partilha destes verdes anos.

Quero agradecer aos meus dois irmãos de capa, o “House” e o “Preciso de Ajuda”, pelo forte ano que passamos e por aquela amizade, que nasceu lá em baixo.

Um especial obrigado à Joana, pelo amor, pela companhia, pela paciência, pelo carinho e especialmente pela cumplicidade.

Por fim, agradeço profundamente à minha família, pois a eles devo tudo aquilo que sou hoje. Em primeiro, aos meus pais por tudo aquilo que me proporcionam, por sempre terem acreditado em mim, por me apoiarem incondicionalmente e por me acompanharem nesta aventura e em toda a vida. Aos meus irmãos por todos os momentos passados juntos, por toda amizade e cumplicidade e principalmente pela alegria que me proporcionam. Por fim, quero agradecer aos meus avós por todo amor e carinho que me transmitiram e ainda transmitem.

RESUMO

A reabilitação oral com recurso à colocação de implantes é já um processo conhecido e bem estudado. No entanto, encontramos algumas dificuldades na técnica devido a insuficiente volume ósseo ou angulação elevada do corpo do implante.

O advento das tecnologias de *design* assistido por computador (CAD) associadas a imagens de grande qualidade fornecidas pela tomografia computadorizada (CT), veio revolucionar várias vertentes da Medicina Dentária, nomeadamente na implantologia. Permitindo assim criar um modelo estereotáxico, que é um modelo digital, alterável, que reproduz as estruturas anatómicas, conferindo assim ao Medico Dentista, uma melhor capacidade de visualização das estruturas a reabilitar, de planear o tratamento e de o realizar com uma grande precisão. A elevada precisão e reprodutibilidade da reabilitação é conseguida pela confeção das guias cirúrgicas pelo método de impressão digital, com base no planeado previamente em modelos estereotáxicos.

No presente trabalho foram abordadas as vantagens e as desvantagens da utilização desta técnica, bem como a sua integração em sistemas de impressão tridimensional. Além disso, foram avaliados vários estudos *in-vitro* e *in-vivo* realizados nos últimos 6 anos, que abordam a comparação entre a posição planeada e a posição em que o implante foi colocado. Os seus resultados afirmaram que existe um aumento da precisão aquando da utilização dos modelos estereotáxicos no planeamento e na preparação cirúrgica. Comprovando que este método pode ser a chave para o sucesso em reabilitações mais complicadas.

Palavras-chave: Modelos estereotáxicos, cirurgia virtual guiada, implantes dentários, impressão 3D

ABSTRACT

Oral rehabilitation with the use of implant placement is already a known and well-studied process. However, there are some difficulties due to insufficient bone volume or high angulation of the implant body.

The advent of technology computer aided design (CAD) associated with very good quality images provided by computed tomography (CT), has revolutionized many aspects of dentistry, particularly in implantology. Allowing to create a stereotactic models, which is a digital model, editable, reproducing the anatomical structures, thus providing the dentist, a better viewing capacity of the structures to rehabilitate, to plan treatment and to implement it with great precision. The high precision and reproducibility of rehabilitation is accomplished by surgical guides for digital printing method based on the previously planned stereotactic models.

In the present study were discussed the advantages and disadvantages of this technique, as well as their integration into the three-dimensional printing systems. Furthermore, were evaluated several studies in-vitro and in-vivo made in the last six years, dealing with the comparison between the planned position and the position in which the implant is actually placed. Their findings stated that there is an increase in accuracy when using the stereotactic models in planning and surgical preparation. Proving that this method may be the key to success in more complicated rehabilitations.

Keywords: stereotactic models, virtual guided surgery, dental implants, 3D printing

RESUMEN

Rehabilitación oral con el uso de la colocación del implante ya es un proceso conocido y bien estudiado. Sin embargo, hay algunas dificultades en la técnica debido a volumen de hueso insuficiente o alta angulación del cuerpo del implante.

El advenimiento de la tecnología de diseño asistido por ordenador (CAD) asociada con la imagen de las imágenes de alta calidad proporcionados por tomografía computarizada (TC), ha revolucionado muchos aspectos de la odontología, sobre todo en implantología. Lo que permite crear un modelo estereotáctica, que es un modelo digital, cambiante, que reproduce las estructuras anatómicas, proporcionando así al dentista, una mejor capacidad de visualización de las estructuras para rehabilitar, para planificar el tratamiento y para ponerlo en práctica con gran precisión. La alta precisión y reproducibilidad de la rehabilitación se lleva a cabo por acolchar guías quirúrgicas para el método de impresión digital basada en los modelos de estereotaxia previamente planificadas.

En el presente estudio se analizaron las ventajas y desventajas de esta técnica, así como su integración en los sistemas de impresión a tres dimensiones. Además, se evaluaron varios estudios in vitro e in vivo realizados en los últimos seis años. En ambos estudios se refieren a la comparación entre la posición prevista y de la posición en el implante fue colocado. Sus resultados afirmaron que hay un aumento en la precisión cuando se utilizan los modelos estereotáticos en la planificación y la preparación quirúrgica. Demostrando que este método puede ser la clave del éxito en rehabilitaciones más complicadas.

Palabras clave: modelos de estereotaxia, cirugía guiada virtual, implantes dentales, la impresión 3D

ÍNDICE GERAL

I.	INTRODUÇÃO	21
II.	DESENVOLVIMENTO	24
1.	Reabilitação Oral com Recurso a Implantes	24
2.	Modelos Estereotáxicos	27
2.1.	Definição	27
2.2.	Recolha de Imagem e Processamento de Dados	31
2.3.	Aplicações dos Modelos Estereotáxicos na Cirurgia Implantar	34
2.4.	Vantagens/Desvantagens.....	41
3.	Preparação Cirúrgica Assistida por Computador	43
4.	Resultados Clínicos.....	45
III.	CONCLUSÃO	49
IV.	BIBLIOGRAFIA	50

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1- Classificação do Osso Alveolar Remanescente para a ancoragem dos implantes dentários.	26
Tabela 2 - Resultados sobre a precisão da colocação de implantes utilizando modelos estereotáxicos, estudos in-vitro.....	45
Tabela 3- Resultados sobre a precisão da colocação de implantes utilizando modelos estereotáxicos, estudos in-vivo	47

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1- Imagens MPR, representando uma lesão apical associada ao dente 3.7.....	27
Figura 2 – Imagens de diferentes planos anatômicos e a sua reconstrução 3D.....	28
Figura 3 - Imagem da sobreposição numérica do ficheiro DICOM e do ficheiro STL. 33	
Figura 4 - Imagem de uma cera de com oclusão com os marcadores radiopacos, indicada para desdentados totais ou pacientes com grande perda de peças dentárias	33
Figura 5 - Imagens representantes de estudos realizados para a confecção das guias cirúrgicas.	36
Figura 6 - Imagem de uma impressora 3D e o computador associado.....	39
Figura 7- Imagem de um modelo obtido por impressão 3D.....	39
Figura 8 - Imagens da guia cirurgia em posição na cavidade oral, os respetivos modelos e a prótese provisória.....	40

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

CT - Tomografia Computorizada

CBCT - *cone bean computed thomography*

3D - três dimensões

CAD/CAM - *computer-aided design/ computer-aided manufacturing*

2D - duas dimensões

mm - milímetro

MPR - multi-planares reconstruídos

DICOM - *Digital Imaging And communications in Medicine*

STL - *Stereolithography*

° - Graus

I. INTRODUÇÃO

Nos dias que correm uma das melhores opções de tratamento para espaços edêntulos, quer estes sejam múltiplos ou unitários, passa pela reabilitação com recurso a implantes dentários, uma vez que apresentam uma maior taxa de sucesso, contentamento do paciente e melhoria da qualidade de vida do mesmo (Cassetta, 2015; J. B. Neves, Bastos, Mendes, & Lucena, 2008).

Os implantes dentários são dispositivos que têm como objetivo substituir uma peça dentária ou ser o pilar de uma prótese. Estes são retidos no osso por osteo-integração, processo que foi descrito por Bränemark, em 1965 (Holcman, Chilvarquer, Curcio, & Abrão, 2009; J. B. Neves et al., 2008).

O principal objetivo da implantologia é conseguir uma interface entre o osso e o implante, para tal devemos ter em consideração alguns fatores, como por exemplo a quantidade e qualidade de osso alveolar remanescente, a localização do implante abaixo da crista óssea, a obtenção e manutenção do tecido de suporte, tal como a localização e proximidade de estruturas nobres como o nervo alveolar inferior, no caso da mandíbula e na maxila o canal incisivo e o seio maxilar (Haas, Dutra, Porporatti, Mezzomo, Canto, Flores-Mir, Corrêa, 2015; Neves et al., 2008; Rodrigues, 2007).

A fim de se realizar um correto diagnóstico e planejar um tratamento adequado podemos recorrer a meios imagiológicos para obtenção de imagens como por exemplo a radiografia panorâmica, a Tomografia Computorizada (CT) e a *Cone Beam Computed Thomography* (CBCT). A radiografia panorâmica é utilizada na maioria dos consultórios, no entanto é mais difícil localizar as estruturas anatómicas quando comparada com a CT e a CBCT (Jung & Cho, 2015).

Vários estudos referem que cerca de mais de 50% da população jovem já perdeu pelo menos um dente e no caso da população mais idosa aproximadamente 20% está completamente edêntula. Estes estudos associaram também uma diminuição da saúde oral e da qualidade de vida à perda de peças dentárias (Emami, de Souza, Kabawat, & Feine, 2013; Jung & Cho, 2015).

Em desdentados totais ou parciais é muito comum observarmos reabsorção óssea nas zonas onde os dentes foram perdidos ou extraídos. Esta reabsorção é causada em

grande parte pela falta de estímulos mecânicos das forças mastigatórias que são transmitidas ao osso pelos dentes. Esta situação poderá ser minimizada caso se consiga manter o estímulo das forças mastigatórias (Alikhani et al., 2015).

Esta ocorrência dificulta a reabilitação dos espaços em questão, uma vez que as próteses convencionais vão ter problemas na sua retenção e estabilidade na cavidade oral, podendo chegar a causar desconforto e dor ao paciente. Nestes casos a reabilitação ideal passa por uma prótese implanto-suportada (Atwood, 1971; J. B. Neves et al., 2008).

Na prática clínica, a primeira avaliação que é feita ao paciente é através de uma radiografia panorâmica, a qual permite ter uma ideia geral da condição da cavidade oral, mas não permite a localização precisa das estruturas no sentido vestibulo-lingual nem da espessura do rebordo. No entanto, utilizando a CT consegue observar-se a localização precisa das estruturas com as imagens obtidas nos diferentes planos (A. F. Rodrigues, 2007).

A CT está descrita por vários autores como o exame de eleição para a realização de estudos na colocação dos implantes. Com os avanços da tecnologia, foi criado um *software* que utiliza as imagens fornecidas pela tomografia e as traduz num modelo virtual em 3-dimensões (3D), os modelos estereolitográficos. Este *software* pode ter várias utilizações a nível da Medicina Dentária, para a confecção de próteses, e coroas, mas principalmente para o planeamento dos implantes (Dawood, Marti, Sauret-Jackson, & Darwood, 2015; A. F. Rodrigues, 2007).

Com a utilização de modelos virtuais, consegue-se planear previamente a cirurgia através do computador e permite assim ao médico dentista a escolha do tamanho da peça, a sua localização e profundidade. Além disso, uma importante vantagem da utilização deste *software* é poder estar ligado a um dispositivo *computer-aided design/ computer-aided manufacturing (CAD/CAM)* para a confecção de modelos e/ou guias cirúrgicas, cujo objetivo é direcionar a colocação do implante (Dawood et al., 2015; Shen et al., 2015).

Este sistema tem como principais vantagens, a redução do tempo do procedimento cirúrgico, tornar a cirurgia menos invasiva, uma vez que não necessita de se realizar um retalho, e proporciona ao paciente menor sangramento e desconforto, melhor recuperação e conforto. No entanto, vários autores defendem que a utilização de guias cirúrgicas não beneficia assim tanto a prática cirúrgica, dando mais ênfase à experiência clínica e a um bom planeamento, contrapondo outros que defendem que a utilização desta é fundamental

para alcançar uma elevada taxa de sucesso (Arisan, Karabuda, & Ozdemir, 2010; Bilhan, Arat, Mumcu, Geckili, & Sakar, 2012; Cassetta, Di Mambro, Giansanti, Stefanelli, & Cavallini, 2013; Novellino, Sesma, Lagana, & Ferrari, 2013).

Este estudo tem como objetivo contribuir para a elucidar sobre a utilização desta tecnologia, a impressão 3D, na prática clínica e em que aspetos a sua aplicação pode beneficiar a prática e maximizar os benefícios para o paciente. Bem como reportar estudos já existentes sobre a viabilidade e precisão na colocação de implantes com o recursos aos modelos estereotáxicos.

II. DESENVOLVIMENTO

1. Reabilitação Oral com Recurso a Implantes

Devido a uma evolução e melhoria da ciência e medicina a esperança média de vida aumentou significativamente na última metade do século passado. Em 1965 a esperança média de vida era de 65 anos, após 1990, a mesma aumentou para 78 anos, na Europa Ocidental, bem como a vida social e ativa das pessoas desta idade levando a um aumento da preocupação adicional pela estética e função oral (Misch, 2008).

De acordo com vários autores, o aumento da perda de peças dentárias está relacionado com o aumento da idade, assim temos também uma prevalência maior de edentulismo em pessoas mais idosas, e a falta de algumas ou todas as peças dentárias contribui para a reabsorção do osso alveolar (Alikhani et al., 2015; Müller, Naharro, & Carlsson, 2007).

Esta reabsorção óssea pode ser consequência de traumatismo, doença periodontal, ou devido à ausência de forças mastigatórias no osso alveolar. Tanto a falta de dentes como a diminuição da quantidade óssea levam a um descontentamento e desconforto, originado diminuição da saúde oral e do estado de saúde geral, contribuindo assim para uma diminuição da qualidade de vida (Alikhani et al., 2015; Emami et al., 2013; Renouard & Rangert, 2012).

A medicina dentária tem como objetivo, não só o tratamento das doenças da cavidade oral, bem como também restaurar a função, estética, fonação, assim como o estado de saúde geral e a autoestima do paciente. A reabilitação de espaços edêntulos, com recurso a implantes dentários, está amplamente documentada como sendo a reabilitação ideal, nos casos acima descritos. No entanto, previamente à colocação do implante, o médico dentista deve fazer um correto diagnóstico e um planeamento adequado (Misch, 2008).

Os principais pressupostos para a colocação dos implantes são a quantidade e a qualidade de osso disponível, a angulação do mesmo e ausência de patologia, uma vez que estes são retidos por osteointegração, como tal deve recorrer-se a meios imagiológicos para a visualização e análise de cada caso (Misch, 2008).

Na prática da medicina dentária dispomos de vários métodos de obtenção de imagem, estes podem ser de duas ou três dimensões, digitais ou analógicos. No entanto,

para a maioria das intervenções que são realizadas, é utilizada a ortopantomografia, uma radiografia panorâmica, que a partir das imagens recolhidas da cavidade oral faz uma sobreposição da zona anterior e posterior criando assim uma imagem a duas dimensões. Todavia, este método apresenta alguns inconvenientes na preparação cirúrgica para o implante devido ao facto de haver uma distorção da imagem obtida e de não fornecer informação sobre a espessura do osso no sentido vestibulo-lingual (Hassfeld & Mühling, 2001; Misch, 2008). Por outro lado, a CT fornece uma imagem tridimensional obtida através de vários cortes seleccionados, este método é mais preciso e sem distorção quando comparado com a ortopantomografia (Misch, 2008). Estudos realizados por Jung & Cho (2015) confirmam que a CT fornece informações mais precisas acerca da localização do seio maxilar e Hassfeld & Mühling (2001) obtiveram os mesmos resultados, mas para a localização do canal mandibular.

Devido ao facto de existirem várias fases de reabsorção óssea, vários autores classificaram o osso alveolar remanescente. Em 1985, Mish e Judy definiram, com base em classificações feitas por Atwood em estudos anteriores, quatro divisões básicas do osso disponível para a implantologia, às quais acrescentaram subdivisões de forma a facilitar uma abordagem organizada entre clínicos (Misch, 2008).

Esta classificação baseia-se na quantidade de osso disponível para a ancoragem dos implantes e avalia a altura (a distância da crista óssea desdentada até ao ponto de referência), a largura (distância entre as corticais vestibulares e linguais ou palatinas) e o comprimento mesiodistal (este comprimento depende do espaço entres dentes adjacentes ao local de colocação do implante) do osso alveolar remanescente, a medição do remanescente ósseo foi avaliado em milímetros (mm). Assim, na tabela 1, abaixo apresentada estão resumidas as características dos diferentes estádios de reabsorção óssea, esta classificação fornece também uma previsão para o espaço a reabilitar (Misch, 2008).

Tabela 1- Classificação do Osso Alveolar Remanescente para a ancoragem dos implantes dentários (adaptado de Misch, 2008).

Tipo de Osso	Largura	Altura	Comprimento Mesiodistal	Espaço da Altura da Coroa
A	> 6 mm	> 12 mm	> 7 mm	≤ 15 mm
B	2,5 a 6 mm	> 12 mm	> 6 mm	<15 mm
C	0 a 2,5 mm	<12 mm	-	> 15 mm
D	Atrofia extrema, perda de osso basal, maxila plana e mandíbula extremamente atrofiada			> 20 mm

Nos casos em que o paciente possui osso do tipo A ou do tipo B a reabilitação com recurso a implantes é um procedimento previsível e de fácil execução, no entanto em casos de desdentados há muito tempo e/ou que apresentam grandes reabsorções ósseas, como é o caso do tipo C e D, a reabilitação com recurso a implantes enfrenta grandes desafios, tanto no planeamento como mesmo até na execução do tratamento e sucesso do mesmo (Misch, 2008).

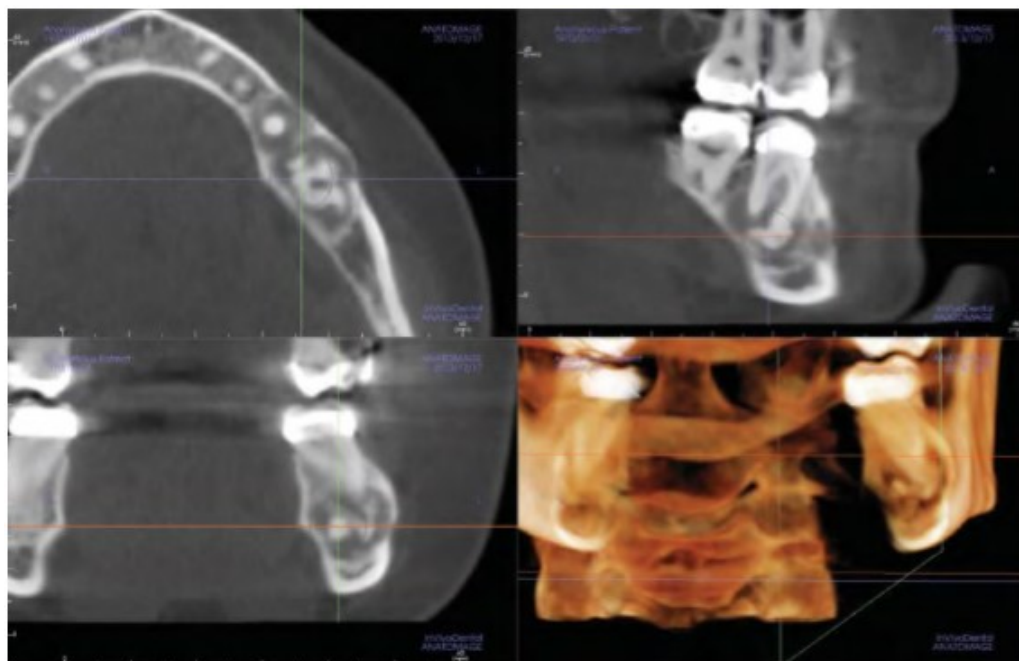
Nestes casos, divergem as opções de reabilitação sobre o tipo de abordagem. Alguns autores referem que se deve optar por realizar a regeneração do periodonto com recurso a enxerto de matriz óssea ou por regeneração tecidual guiada, contudo o facto de ser um processo demorado, com algumas intervenções cirúrgicas, maior sensibilidade pós-operatória e aumento de custos afastam muitas vezes os pacientes desta opção de tratamento (Júnior, Verri, Pellizzer, Moraes, & Carvalho, 2010; Misch, 2008). Júnior et al. (2010) acrescentam ainda que a colocação de implantes curtos é um tratamento previsível e que pode ser utilizado em pacientes que apresentem pouca quantidade óssea sem a necessidade de recorrer a cirurgias periodontais e/ou elevação do seio maxilar.

2. Modelos Estereotáxicos

2.1. Definição

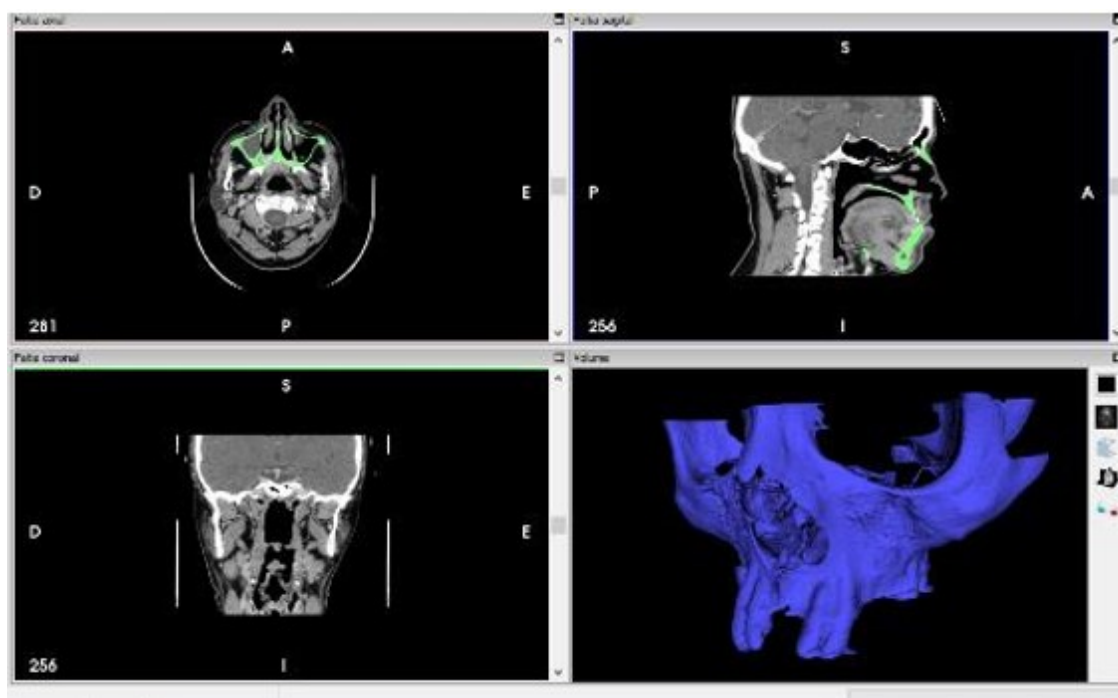
Cada vez mais, devido ao desenvolvimento tecnológico, os computadores podem ser utilizados como uma ferramenta de auxílio ao clínico. A sua conjugação com os métodos imagiológicos tende em ser cada vez mais um benefício para o diagnóstico e planeamento de tratamentos (Hassfeld & Mühling, 2001). Verstreken e os seus colaboradores, citado por Sun & Luebbers, (2013) desenvolveram uma plataforma que permite ao clínico simular a cirurgia para a colocação dos implantes. Esta plataforma é um modelo tridimensional criado pelas imagens fornecidas pela tomografia, tornando possível simular as possíveis opções de tratamento e inclusive a cirurgia.

A confeção do modelo é realizada por um processo de triangulação a partir dos dados obtidos pelos métodos imagiológicos. Esta triangulação consiste na criação de triângulos de tamanho conhecido entre diferentes planos bidimensionais, formando assim uma imagem a 3D, esta imagem não é nada mais que um modelo virtual visualizado numa plataforma de duas dimensões (2D), como por exemplo o ecrã de um computador (Balem, 2010). O resultado final da transformação não é apenas imagens ou volumes 3D, mas também imagens multi-planares reconstruídas (MPR) que podem ser observadas nos três seguintes planos padrão: axial, coronal e sagital (Figura 1) (Masri & Driscoll, 2015)



Segundo Pascual e Vaysse (2015), depois de adquirir a imagem através quer do CT ou do CBCT estes vão criar uma imagem 3D das estruturas alvo do estudo. Esta imagem é arquivada no formato *Digital Imaging And communications in Medicine* (DICOM). Posteriormente, o ficheiro DICOM é associado a outro ficheiro em formato Stereolithography (STL), obtido previamente por TC ou por um digitalizador intraoral, gerando assim um modelo com informação, não só das estruturas ósseas como também da cavidade oral (Pascual & Vaysse, 2015).

Na figura 2, podemos observar imagens dos diferentes planos recolhidos pelo CT e a reconstrução tridimensional obtida a partir da vectorização dos mesmos (Coutinho et al., 2014).



Este modelo virtual pode ser arquivado em vários formatos. No entanto, o formato normalmente utilizado é o STL, uma vez que pode ser utilizado por impressoras 3D que utilizam o sistema CAD/CAM (Balem, 2010; Dandekeri, Sowmya, & Bhandary, 2013).

Segundo Rodrigues (2010), a utilização destes modelos permite ao profissional visualizar, refletir, comunicar quer seja com o paciente ou com outros profissionais, controlar e ensaiar o procedimento. A criação dos produtos com o recurso à tecnologia CAD permite baixar os custos e reduzir o tempo de confeção, aumentando o rendimento de todo o projeto.

Vários estudos constataram que a utilização da prototipagem rápida num procedimento cirúrgico acelera o tempo de tratamento, reduz as complicações e melhora o prognóstico pós-operatório. Levando assim por consequência a um aumento da qualidade do tratamento. A utilização rotineira desta tecnologia só está indicada em reconstruções ósseas e implantes dentários, contudo devemos ter em consideração a dose de radiação a que o paciente se expõe e aos elevados custos da técnica de obtenção de imagem (Steck, Miquelino, Souza, Golveia, & Silva, 2007).

Segundo Dandekeri et al. (2013), o ficheiro obtido pode ser importado para um computador para ajudar na efetivação dos seguintes objetivos primários no planeamento do implante:

- Avaliar a quantidade e qualidade de osso disponível;
- Localização das estruturas anatómicas perto do local de inserção;
- Ausência ou presença de outras patologias;
- Possibilidade de escolha de implantes reais em bibliotecas presentes no *software* e/ou em catálogos;
- Ensaiar a cirurgia por sobreposição dos implantes, escolhidos previamente, na localização planeada.

Estudos feitos aos *softwares*, aos materiais por eles criados e aos processos de confeção dos mesmos revelaram que por vezes podemos encontrar artefactos estranhos que prejudicam a confeção de uma boa peça. Por isso, propõe-se que os modelos produzidos passem por um bom controlo de qualidade durante todas as fases da produção. Os cirurgiões devem estar atentos a possíveis erros das peças fabricadas (Steck et al., 2007).

Apesar do grande foco deste trabalho na implantologia, as aplicações dos modelos estereotáxicos, segundo Correia & Salgado (2012) encontra-se, nos dias que correm, cada vez mais introduzida na prática clínica e abrange várias vertentes da Medicina Dentária a cirurgia oral, cirurgia maxilofacial, implantologia, ortodontia, endodontia,

periodontologia, oclusão, entre outras. Estes autores referem também que o recurso às tecnologias digitais tem tendência para se tornar cada vez mais acessíveis, devido a uma diminuição dos custos, aumento de evidências empíricas e desenvolvimento da tecnologia (Correia & Salgado, 2012).

2.2. Recolha de Imagem e Processamento de Dados

O principal objetivo da utilização dos modelos estereotáxicos é a possibilidade de obter uma reconstrução completa em 3D das estruturas da cabeça, neste caso da cavidade oral, garantindo ao médico um acesso favorecido às áreas anatómicas de interesse. Este modelo pode ser obtido segundo imagens fornecidas pela tomografia computadorizada ou ressonância magnética nuclear, uma vez que os métodos imagiológicos 2D não fornecem informações suficientes nem tão precisas (Steck et al., 2007).

O processo de tomografia computadorizada é muito semelhante à tomografia convencional, uma vez que a recolha de imagens é feita com o tubo de raios x e os detetores a moverem-se à volta do paciente, chegando mesmo a serem comparados. No entanto, o processamento de imagem é realizado por uma técnica de subtração de imagem na tomografia convencional, na tomografia computadorizada a técnica utilizada é uma reconstrução matemática computadorizada (A. F. Rodrigues, 2007).

A tomografia computadorizada já existe desde 1972 e é considerada um método imagiológico mais preciso do que a tomografia convencional. Em 1987, Schwarz e os seus colaboradores desenvolveram uma técnica de tomografia computadorizada com feixe cónico, conhecida por CBCT, que tem como foco o dente e a cavidade oral chamado *Dentascan Cone Beam Computed Thomography*, esta técnica foi a primeira a empregar curvas multi-planares na reconstrução da mandíbula (Dandekeri et al., 2013).

Posteriormente, em 1998, foi desenvolvido o sistema de CT *multislice*. Ocorreu uma melhoria nos sistemas anteriores com o aumento da quantidade de recetores de radiação e a uma colimação mais fina. Este sistema trouxe como grande vantagem a possibilidade de realizar cortes inferiores a 1 mm. No entanto, este método tem algumas dificuldades no armazenamento da enorme quantidade de dados que produz (Rodrigues, 2007). Segundo Steck et al. (2007), uso de TC *multi-slice* propicia a construção de modelos de prototipagem que são muito úteis ao cirurgião.

No entanto, Dawood et al. (2015) e Sun & Luebbers (2013) afirmam que a CBCT é o método de tomografia de eleição para a realização de modelos estereotáxicos e planeamento do tratamento. Este facto pode ser comprovado pelos que vários autores utilizam a CBCT nos seus estudos sobre implantes dentários e modelos estereotáxicos (Arisan et al., 2010; Bilhan et al., 2012; Cassetta et al., 2013; Dandekeri et al., 2013; Shen et al., 2015; Sun & Luebbers, 2013)

A CT fornece vários cortes no sentido perpendicular à curvatura da arcada, o que permite conhecer com precisão o nível ósseo a vestibular e a lingual, a forma e a convexidade do rebordo alveolar. Nos casos em que o paciente já perdeu a sua dentição há algum tempo encontramos o processo alveolar reduzido e o canal mandibular muito perto da cortical óssea, recorrendo à CT obtemos um corte axial que permite a sua localização vestibulo-lingual (Dandekeri et al., 2013).

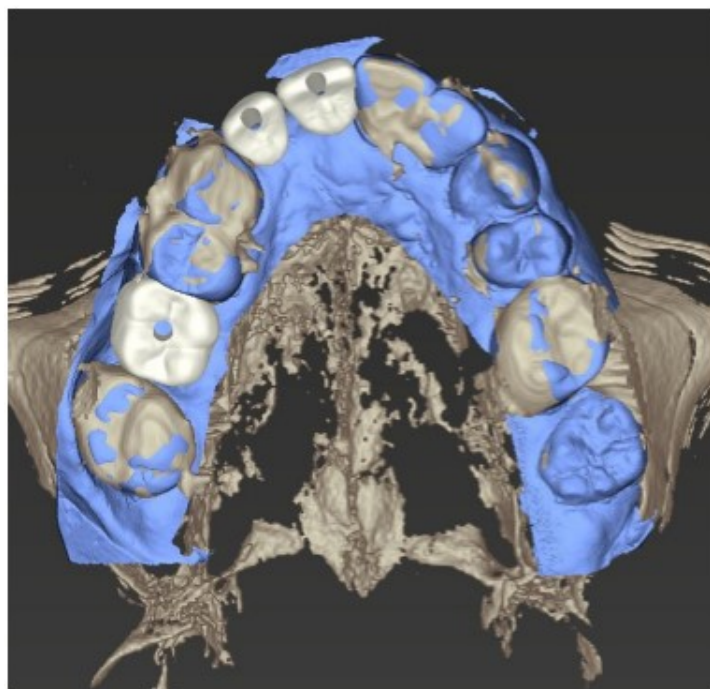
Com recurso à CBCT, podemos salvaguardar o paciente de uma maior dose de radiação e ainda obter uma melhor visualização da área de interesse, quando comparada com a tomografia computadorizada convencional. Além disso, a informação recolhida pelo CBCT pode ser utilizada para simular a cirurgia e escolher o implante com as características ideais (Dandekeri et al., 2013).

A informação captada quer pela tomografia computadorizada quer pela ressonância magnética é reproduzida sob a forma de dados volumétricos contínuos. A modernização destas técnicas imagiológicas permite que estas forneçam dados, indispensáveis à criação de modelos 3D (Bertol, 2008).

Para a confeção de um modelo viável é necessário uma boa aquisição de imagem, como uma CT que realize cortes finos, pelo menos 1 mm, e além disso é indispensável que se verifique uma boa comunicação do médico dentista com o radiologista (Steck et al., 2007).

Como referido anteriormente, o ficheiro DICOM e o ficheiro SLT vão ser conjugados para que com a informação proveniente de ambos se obtenha um modelo preciso. Estes ficheiros vão ser sobrepostos numericamente, com o auxílio de pontos de referência dentários específicos e facilmente identificáveis, como as cúspides e os sulcos. Na figura 3 podemos observar o resultado desta sobreposição dos referidos ficheiros (Pascual & Vaysse, 2015).

No entanto, levanta-se um problema em indivíduos que possuem poucos dentes ou em desdentados totais. Para colmatar a falta ou défice dos pontos de referência deve-se utilizar uma cera de oclusão com marcadores radiopacos, durante a tomada da tomografia, este dispositivo encontra-se representado na figura 4 abaixo apresentada. Estes pontos de referência permitem realizar um reposicionamento preciso da gengiva, dos dentes presentes se for o caso, e do remanescente ósseo no digitalizador (Misch, 2008; Pascual & Vaysse, 2015).



A tecnologia digital permite uma nova abordagem aos modelos de estudo, desde a sua confeção, estudo, visualização, gestão e armazenamento. Esta tecnologia permite manipular amplamente o modelo, desde rodar, inclinar, medir, seccionar e mantê-lo na posição de interesse, garante ao clínico uma análise mais detalhada e que pode ser armazenada e voltada a utilizar mais tarde (Martins, Rosa, Norton, & Silva, Cristina Cardoso Andrade, 2011).



2.3. Aplicações dos Modelos Estereotáxicos na Cirurgia Implantar

A utilização de ferramentas digitais tem vindo a aumentar bastante em grande parte da indústria, trazendo benefícios evidentes para quem os utiliza. A medicina dentária não é exceção, desde o início do século aumentou muito a utilização das aplicações tecnológicas, quer a nível da gestão e da organização do consultório, como na inovação dos instrumentos e dos procedimentos dentários e na manufatura de próteses (B. Carvalho, 2013).

Os modelos estereotáxicos estão na vanguarda da tecnologia aplicada à cirurgia. Devido à melhoria dos recursos de diagnóstico e planeamento, juntamente com a evolução da bioengenharia dos implantes dentários consegue-se obter um tratamento previsível e com sucesso (Thomé, Hermann, Thomé, Sartori, & Melo, 2009).

Assim sendo, temos como principais utilizações dos modelos estereotáxicos a elaboração de um diagnóstico preciso, de um plano de tratamento adequado, a simulação da cirurgia e a integração num sistema CAD/CAM (Hassfeld & Mühling, 2001).

Diagnóstico e Planeamento

Em qualquer ato médico a chave do sucesso, passa obrigatoriamente por um diagnóstico preciso e uma terapêutica bem planeada, o caso da reabilitação com recurso a implantes dentários não é exceção. Toda a previsibilidade do sucesso depende de um diagnóstico preciso e de uma boa avaliação dos fatores de risco (Thomé et al., 2009).

Na opinião de Thomé et al., 2009, para a elaboração do diagnóstico preciso, é fulcral que o médico dentista utilize os recursos disponíveis para obtenção da informação necessária. É necessária a avaliação da condição de saúde geral, a avaliação da cavidade oral por exame clínico, exames radiográficos (periapical, ortopantomografia e tomografia computadorizada), montagem em articulador dos modelos de estudo e registo fotográfico (Carvalho, Gonçalves, Guerra, & Carreiro, 2006; Neto, 2014). Neto (2014) afirma ainda que além de todos estes estudos é necessária uma boa comunicação com o protésico para se obterem melhores resultados.

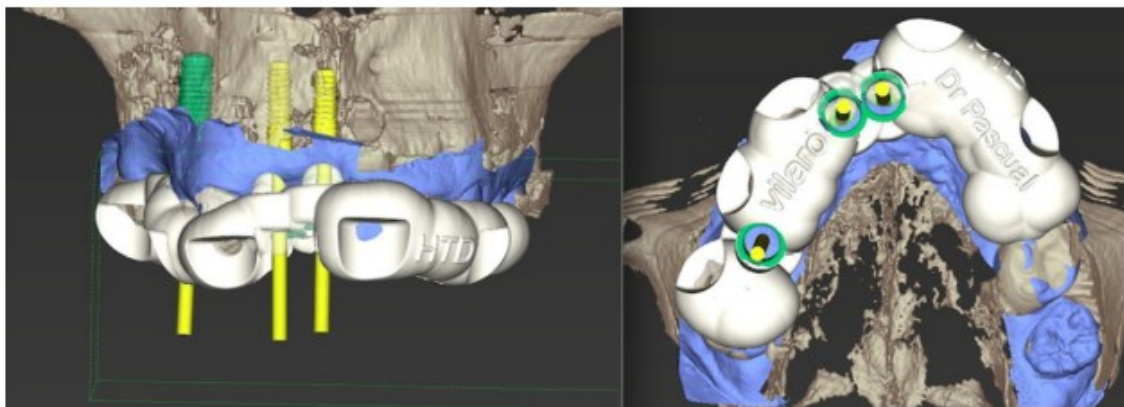
Dentro dos meios de obtenção de imagem, o que permite uma avaliação mais rigorosa da disponibilidade óssea e uma observação fidedigna das estruturas anatómicas, é a Tomografia Computorizada (Thomé et al., 2009).

As imagens obtidas são posteriormente importadas para o computador, onde poderão ser estudadas e tratadas com recurso a programas de modelos 3D (Martins et al., 2011). A imagem 3D criada permite que se possam avaliar áreas de deformidades ósseas e níveis de assimetria e a relação entre os vários componentes da face (Lopes, Perrella, Moreira, Neto, & Cavalcanti, 2007).

O planeamento da futura prótese é realizado em função do espaço protético disponível, da altura da gengival e da relação oclusal com os dentes antagonistas e adjacentes (Masri & Driscoll, 2015; Pascual & Vaysse, 2015). O posicionamento ideal de um implante em mesiodistal, corono-apical, e a direção na cavidade oral é essencial para facilitar o sucesso do tratamento com próteses implanto-suportadas. Quando os pontos de referência dos dentes adjacentes ou contralaterais estão em falta, o uso de uma guia cirúrgica, que é baseado em um plano de protético e *mock-up*, é de extrema importância. O *mock-up* é provado no paciente para avaliar criticamente a estética e os parâmetros funcionais. Servindo como base para a guia de diagnóstico, em que as posições dos dentes planeadas são visualizadas com o uso de material radiopaco (Masri & Driscoll, 2015).

O posicionamento e o comprimento dos implantes depende do volume, da densidade óssea e da qualidade óssea, da altura da gengiva, das distâncias dentes-implante e inter implantes, do paralelismo entre os implantes, do eixo e do tipo da futura prótese (Pascual & Vaysse, 2015).

Com recurso a um *software* de planeamento de implantes, a seleção implante digital e posicionamento pode, posteriormente, ser realizada, permitindo determinar a melhor relação possível entre a posição do implante desejável de um ponto de vista protético e a viabilidade cirúrgica dada pela anatomia e condição das estruturas alveolares subjacentes. Assim, a tecnologia digital, de facto permite a colocação do implante inserido proteticamente na sua melhor forma possível e deve ser uma parte integrante da cirurgia guiada por computador. (Masri & Driscoll, 2015). Ainda assim para a reprodução do planeado previamente deve-se recorrer às guias cirúrgicas confeccionadas sobre os modelos obtidos, como se pode observar na figura 5 (Pascual & Vaysse, 2015).



Uma prótese aparafusada impõe, devido ao poço de acesso de parafusos, uma emergência implantar lingual. A emergência de uma prótese cimentada é mais livre. Um pilar protético é planeado em função do eixo implantar, da altura da gengiva e do tipo da prótese (Masri & Driscoll, 2015; Misch, 2008; Pascual & Vaysse, 2015).

Os ficheiros criados permitem arquivar as imagens, voltar a usar após a delineação do tratamento, utilizá-las não só no acompanhamento da cirurgia como também para aplicação comparativa entre o “antes e o depois” da intervenção (Lopes et al., 2007).

Simulação da Cirurgia

Uma vez estabelecido o diagnóstico e proposto o plano de tratamento adequado e aceite pelo paciente, é fundamental avaliar os riscos e as consequências dos diferentes procedimentos realizados durante a intervenção. Conhecendo as zonas de risco de cada paciente, é possível ao médico dentista planejar o procedimento cirúrgico, de forma a salvaguardar as estruturas anatómicas em risco (Hassfeld & Mühling, 2001).

A simulação da cirurgia é realizada com auxílio de um computador. Este vai produzir um gráfico tridimensional, que permite ser utilizado para análise métrica automatizada, para simulação interativa em tempo real dos instrumentos cirúrgicos (como por exemplo, bisturis, brocas, serras, formões, etc.) nos tecidos moles e duros e ainda simular o aspeto final da reabilitação. Este desenvolvimento tecnológico fornece ao cirurgião um apoio durante a cirurgia e no planeamento da mesma (Hassfeld & Mühling, 2001).

A avaliação pré-operatória pode ser assistida por computador, pode ser obtida através de tecnologias de leitura de superfície como a tomografia ou a ressonância magnética. O *software* deve apresentar ao cirurgião uma proposta com os possíveis locais para a colocação dos implantes. Perante proposta o médico dentista teria a hipótese de segui-la ou alterá-la, caso não se verifiquem as condições necessárias à reabilitação (Hassfeld & Mühling, 2001).

Assim, com recurso a estes modelos, é possível ao médico dentista selecionar a posição ideal dos implantes dentários e planejar a sua angulação e dimensão ideal (Dandekeri et al., 2013; Thomé et al., 2009). Os implantes são escolhidos a partir de uma base de dados disponibilizada pelo programa de simulação cirúrgica. Este programa fornece ao utilizador uma réplica 3D da mandíbula ou maxila do paciente, com as dimensões reais, à qual vai ser sobreposta o implante escolhido, tendo como base as estruturas anatómicas do paciente (Dandekeri et al., 2013).

Segundo Dandekeri et al. (2013) e Masri & Driscoll (2015), temos disponíveis os seguintes sistemas de processamento de imagem 3D e simulação cirúrgica:

- SurgiGuides, Materialise, Leuven, Belgium;
- SIM/Plant, Columbia Scientific Incorporated, Columbia, MD;
- Nobel Guide, Nobel Biocare, Yorba Linda, CA;
- I-Dent Imaging Ltd., HodHasharon, IsraelcoDiagnostiX, IVS Solutions AG, Chemnitz, Germany;
- ImPlacer, Pacific Coast Software Inc., CA.

Vários autores afirmam que esta técnica de visualização 3D tende a ser utilizada cada vez mais na prática clínica diária, e traz grandes vantagens e inovações para a referida prática e também para o paciente (Dandekeri et al., 2013; Shen et al., 2015; Steck et al., 2007; Thomé et al., 2009).

Integração num Dispositivo CAD/CAM

Os sistemas CAD/CAM são compostos por três elementos fundamentais: os sistemas de leitura da preparação dentária, também conhecido por *scanning*, o *software* de desenho da peça de reabilitação protética (CAD) e os dispositivos de fresagem dos mesmos (CAM) (B. Carvalho, 2013).

Depois de várias inovações nos sistemas CAD/CAM, o Dr. Moermann, criou o sistema CEREC que permitiu a integração dos dispositivos CAD/CAM na prática clínica (B. Carvalho, 2013). O sistema CEREC utiliza uma câmara intraoral e foi concebido inicialmente para a rápida confeção de coroas e restaurações muito extensas, permitindo a confeção e colocação das mesmas num só dia. Este sistema divulgou amplamente o sistema CAD/CAM na Medicina Dentária (B. Carvalho, 2013; F. D. das Neves, Prado, Karam, Pereira, & Oliveira, 2014).

Ultimamente, a junção dos sistemas de imagem tridimensional com os conceitos de estereolitografia, permitem a confeção de protótipos e guias cirúrgicas, por meio de modelação de imagem computacional (Balem, 2010; Steck et al., 2007).

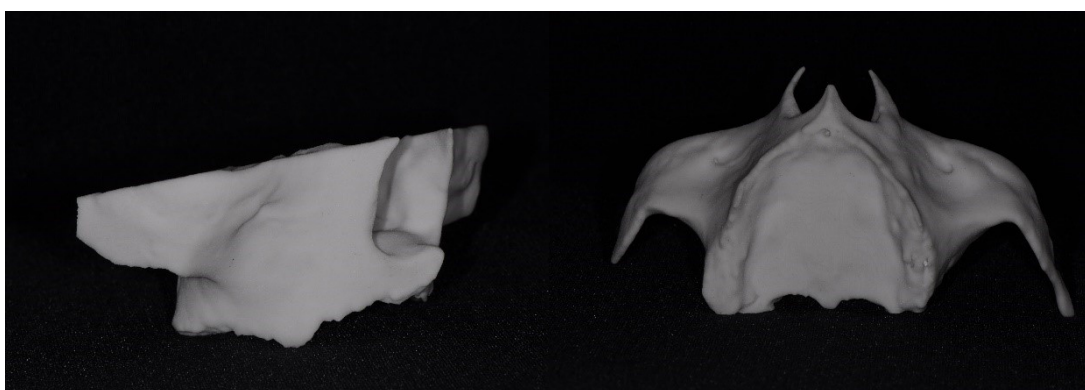
A impressão 3D, que se também se pode denominar prototipagem rápida, é um processo que permite a confeção de protótipos em 3D com formas complexas com recurso a dados submetidos por computador, sendo assim um sistema CAD/CAM. Os protótipos são fabricados numa impressora 3D por adição de camadas sequenciais de materiais que se vão polimerizando e aderindo às camadas anteriores (Balem, 2010; Coutinho et al., 2014).

A impressora 3D funciona com um método semelhante às impressoras convencionais, por jato de tinta. Neste caso, possui uma cabeça, que se movimenta no eixo X e Y, e liberta um agente polimerizador sobre um pó cerâmico ou polimérico que está numa plataforma móvel no eixo Z. Após a aglutinação de uma camada, a plataforma desce e é novamente adicionado o agente polimerizador, até o modelo estar finalmente criado. Quando o modelo estiver totalmente confeccionado ainda necessita de passar por um processo de infiltração, para diminuir a porosidade (Balem, 2010).

Os métodos de prototipagem rápida têm vindo cada vez mais a auxiliar a prática médica. Através da análise dos modelos fabricados, realiza-se um diagnóstico mais preciso, planeiam-se cirurgias mais complicadas, avaliam-se regiões anatómicas de

interesse e diferentes tratamentos a considerar e podem fabricar-se guias cirúrgicas, próteses, implantes e até instrumentos cirúrgicos (Balem, 2010; Moin, Derksen, Waars, Hassan, & Wismeijer, 2016). No entanto, no ramo da implantologia a tecnologia de impressão digital tem duas principais utilizações, a confeção de bio-modelos, ou, mais recentemente, a confeção de guias cirúrgicas.

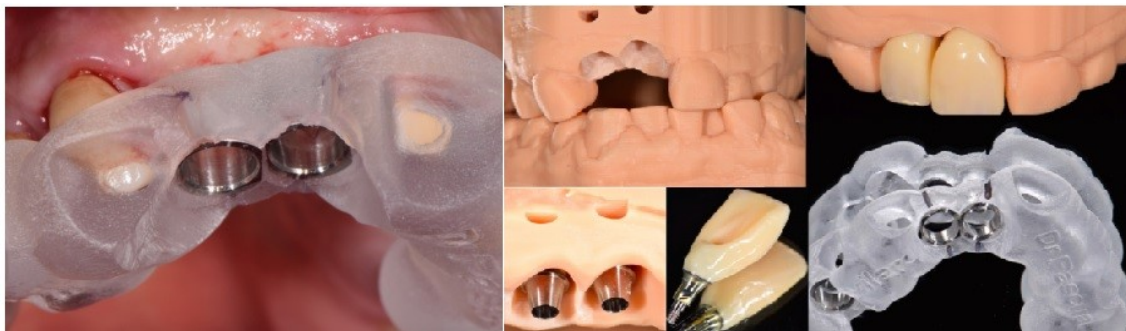
Nas figuras, em baixo apresentadas, podemos observar uma impressora digital e o respetivo computador associado (figura 6) e um modelo do remanescente ósseo fabricado por impressão 3D (figura 7).



Os sistemas de fresagem, também conhecidos por prototipagem rápida, têm várias aplicações na medicina dentária além da confeção de guias e modelos, são de elevada

utilidade no planeamento, comunicação entre médicos e também com os pacientes. Também, podem ser utilizados na confecção de próteses, coroas, restaurações e até mesmo implantes (Balem, 2010; Bertol, 2008; Steck et al., 2007).

Na figura 8, apresentada em baixo, podemos observar as guias e as próteses provisórias, ambas concebidas por um sistema CAD/CAM baseado nos modelos estereotáticos previamente planeadas.



As guias cirúrgicas podem ser classificadas segundo o seu suporte, ou seja estas podem ser apoiadas nos dentes remanescentes, na mucosa da cavidade oral e no osso. Além disso, é importante ressaltar que nos casos em que se utilizam guias com suporte dentário e mucoso não é necessária a realização de retalho (Masri & Driscoll, 2015). Na cirurgia com recurso a guias, os implantes vão adaptar-se perfeitamente nas anilhas das guias, garantindo assim a inserção da broca realmente guiada, em todo o seu trajeto (Thomé et al., 2009).

2.4. Vantagens/Desvantagens

Pelo facto de se recorrer a uma tecnologia relativamente nova deve-se ter em conta todos os benefícios, as desvantagens e/ou complicações a ela associada. Como tal, diversos autores relataram, nos seus estudos, essas mesmas características. Como a cirurgia guiada tem como base da sua avaliação o uso do CBCT, as suas vantagens estão intimamente associadas. Assim sendo, as imagens, colhidas pelo CBCT, podem ser avaliadas de qualquer ângulo de 360° que seja desejado, além disso tem como grande vantagem a visualização de todas as estruturas anatómicas mineralizadas (Masri & Driscoll, 2015),

A utilização de guias estereotáxicas providencia melhor controlo e eliminam o risco inerente a uma cirurgia convencional (Bilhan et al., 2012). As vantagens da utilização de modelos cirúrgicos são: segurança, eficiência, invasão mínima, evitar a elevação do seio maxilar e ainda melhoria estética (Shen et al., 2015).

Segundo Masri & Driscoll (2015), a principal desvantagem da utilização desta técnica com recurso ao CBCT é a dose de radiação ionizante elevada quando comparada com as modalidades de imagem panorâmicas, principalmente quando se recorre a protocolos de digitalização dupla. Faz parte das responsabilidades do médico dentista manter-se informado das doses de radiações prescritas aos seus pacientes e das implicações e contra indicações das mesmas.

Como referido anteriormente, a CBCT é uma técnica de eleição para tecidos mineralizados de alta densidade. Porém, não apresenta detalhe algum sobre tecidos moles como vasos sanguíneos e gânglios linfáticos. Para a observação deste tecidos não mineralizados da região maxilofacial estão disponíveis modalidades de imagem avançadas como a ressonância magnética e os ultra-sons, caso o médico sinta necessidade de obter informação dos mesmos (Masri & Driscoll, 2015; Misch, 2008).

Ainda relacionado com o CBCT, este tem como limitação o possível aparecimento de artefactos, o que leva a uma distorção da imagem e por consequência a repetição do exame complementar de diagnóstico. Estes artefactos podem ser devidos a movimentos do paciente e dispersão do feixe, devido a grandes restaurações metálicas ou a artefactos muito radiopacos (Masri & Driscoll, 2015).

Segundo estudos realizados por Hultin et al. em 2012, citado por Masri & Driscoll (2015), as principais complicações cirúrgicas estão relacionadas com a fratura da guia

cirúrgica, que parece ser a mais prevalente das complicações existentes, ou seja, cerca de 70% das complicações são a fratura das guias. Os mesmos estudos revelaram que aquando da colocação de prótese imediata, 39 % das reabilitações desajustam-se, sendo esta uma complicação a longo prazo relacionada com a prótese e não com o implante (Masri & Driscoll, 2015).

Em 2013, numa revisão realizada por Dandekeri e os seus colaboradores, é referido que o uso de guias cirúrgicas fabricadas a partir de modelos estereotáticos tinha como desvantagens a falta de sensibilidade e controlo táctil durante o procedimento cirúrgico, risco de danificação de estruturas nobres e ainda a impossibilidade de serem utilizadas guias em pacientes que não tenham abertura bucal suficiente (Dandekeri et al., 2013).

Ainda assim, em reabilitações com recurso a esta tecnologia observou-se uma sobrevivência do implante após 1 ano que variou entre os 89% e os 100%, com uma média de 97% e a sobrevivência da respetiva prótese que variou entre 62% e 100%, para esta com uma média de 95%. Estes valores indicam que o procedimento apresenta altas taxas de sucesso e que muitas vezes a desadaptação da prótese como referido anteriormente é independente da qualidade do tratamento implantar (Masri & Driscoll, 2015).

3. Preparação Cirúrgica Assistida por Computador

Todo o processo da reabilitação com recurso a implantes dentários, como referido anteriormente, já é um processo relativamente bem conhecido e bastante previsível na maioria dos casos. Apresentando também uma elevada taxa de sucesso a longo prazo e uma melhoria na qualidade de vida do paciente (Misch, 2008). No entanto, existem situações em que a reabilitação oral é um desafio, como é o caso da inserção múltipla de implantes, ou no caso de desdentados totais, onde as referências anatómicas (dentes, o remanescente alveolar) ou em pacientes cujas reabsorções ósseas estejam aumentadas. Com recurso à CT podemos realizar o diagnóstico e o planeamento, contudo, mantém-se a dificuldade em transpor essa informação para o ato cirúrgico (Arisan et al., 2010).

Para combater essa grande dificuldade na prática cirúrgica, deve-se recorrer aos modelos estereotáxicos (Sun & Luebbers, 2013). Estes modelos permitem ao médico dentista ter uma melhor noção de todas as estruturas anatómicas e escolher o implante mais adequado, a sua localização e angulação (Misch, 2008).

Assim sendo, a cirurgia assistida por computador está dividida em dois grupos: a cirurgia guiada por computador (sistema estático) e a cirurgia com navegação computadorizada (sistema dinâmico). Em 2009, Hämmerle e os seus colaboradores, citados por Masri & Driscoll (2015) definiram estes termos da seguinte forma:

- Cirurgia guiada por computador, um sistema estático que recorre a uma guia cirúrgica imóvel que reproduz a posição do implante planeado previamente com a informação recolhida da CT e não permite ao médico dentista a alteração da posição durante a cirurgia;
- Cirurgia navegada por computador, neste caso temos um sistema dinâmico que reproduz a posição do implante durante a cirurgia e permite ao médico dentista alterar o seu trajeto durante a cirurgia, no entanto este método é relativamente novo e ainda carece de estudos.

Segundo Misch (2008) e Pascual & Vaysse (2015), evidências clínicas e diversos estudos comprovam que as guias cirúrgicas confeccionadas com base nos modelos estereotáxicos melhoram a colocação do implante e garantem ao médico dentista uma transferência exata para o campo cirúrgico do planeado previamente. Além disso, Pascual & Vaysse (2015) referem também que o facto de se trabalhar num ficheiro «STL aberto»

permite que o médico dentista e o protésico tenham maior liberdade para refletir sobre a posição ideal para o implante, da prótese e confecção da guia.

Os mais recentes protocolos em implantologia guiada e assistida por computador permitem um fluxo de trabalho contínuo, uma maior precisão do posicionamento do implante face ao previamente planeado. A utilização dos modelos estereotáticos neste tipo de cirurgia garante uma continuidade do trabalho digital sem perda ou corrupção da informação durante todos os passos: tomada do CBCT (aquisição do ficheiro DICOM), a impressão (não a convencional, mas sim uma impressão digital em formato STL), a sobreposição dos dois ficheiros (DICOM e STL), produção, a partir da sobreposição dos ficheiros, da guia cirúrgica, da reabilitação provisória e definitiva, tal como os modelos das arcadas para se realizarem os respetivos ajustes (Dandekeri et al., 2013; Pascual & Vaysse, 2015).

Na cirurgia convencional, o facto de se recorrer a modelos de gesso leva a uma diminuição da precisão, o mesmo também acontece quando a prótese provisória é confeccionada sobre modelos de gesso, mesmo quando recorremos ao fluxo digital para os restantes passos da reabilitação (Pascual & Vaysse, 2015).

4. Resultados Clínicos

Para comprovar a eficácia e precisão dos modelos estereotáxicos foram realizados vários estudos, tanto *in-vitro* como *in-vivo*. Nestes estudos foram, essencialmente, comparados desvios entre a localização do corpo do implante durante a fase de planeamento e a obtida após cirurgia. Foram selecionados os estudos realizados nos últimos 6 anos, que comparavam a média dos desvios verticais (em profundidade), laterais (tanto a nível mais coronário, como a nível apical) e angulares da posição planeada para a final, na cavidade oral. Nas tabelas 2 e 3 os resultados para os desvios verticais e horizontais foram mensurados em mm e para o desvio angular em graus (°).

Tabela 2 - Resultados sobre a precisão da colocação de implantes utilizando modelos estereotáxicos, estudos *in-vitro*.

Autor	N.º de Implantes		Desvio Vertical (mm)	Desvio Lateral – coronal (mm)	Desvio Lateral apical (mm)	Desvio Angular (°)
Bilhan et al. (2012)	11		1,423	1,119	1,206	4,713 °
Kühl et al. (2012)	38	19	0,58	-	-	4,3 °
		19	0,73	-	-	3,6 °
Novellino et al. (2013)	40		1,86 a 2,21	1,6 a 1,97	2,15 a 2,5	5,2 ° a 6,15 °
Lin et al. (2013)	40	16	0,48	0,46	1,23	3,33 °
		24	0,33	0,50	2,70	2,76 °
Vasak et al. (2013)	60	20	-	0,49	0,69	1,98 °
		20	-	0,17	0,51	1,75 °
		20	-	0,50	0,64	1,36
Kermen et al. (2015)	34	17	0,49	0,31	0,50	1,11 °
		17	0,20	0,23	0,34	1,15 °

Na tabela 2, apresentada em cima, estão representados os estudos realizados *in-vitro*. Estes foram realizados em modelos que mimetizam as condições presentes na cavidade oral e outros em mandíbulas descarnadas, obtidas de um cadáver, sendo neste caso *ex-vivo* (Bilhan et al., 2012; Kühn et al., 2012; Lin, Yau, Wang, & Zheng, 2013).

Todos os autores realizaram uma comparação semelhante, sendo que alguns dividiram a amostra em vários grupos, Kühn et al. (2012) dividiram a sua amostra segundo a técnica utilizada (a convencional denominada *free-hand* e a cirurgia guiada), Lin et al. (2013) dividiram a suas amostras em modelos maxilares ou mandibulares, Vasak et al. (2013) agruparam a sua amostragem em 3 grupos, aos quais se aplicaram diferentes procedimentos para fusão dos modelos de estudo digitais (foram utilizados o *software* NobelGuide™ Validation, o *software* AMIRA® e um procedimento de digitalização tripla) e Kernén et al. (2015) dividiram a sua amostra em 2 grupos, em que num se utilizou modelos concebidos em laboratório e no outro todos os passos foram seguidos por tecnologia virtual.

Segundo Bilhan et al. (2012), são vários os fatores que podem afetar a precisão da colocação do implante, sendo estes relacionados com a aquisição da imagem, uma vez que a reabilitação é baseada em modelos digitais. Estes modelos são a base para toda a cirurgia. Os estudos realizados por Kernén et al. (2015) constataam que se continuarmos o fluxo digital, realizarmos as guias cirúrgicas nos modelos digitais e fabricar as guias numa fresadora ou impressora digital obtemos uma melhoria significativa ao planeado/realizado pelo método tradicional com impressões e moldes convencionais (Kernén et al., 2015).

Com o recurso a guias confeccionadas a partir dos modelos estereotáticos, encontrou-se uma maior precisão na colocação do implante e podemos alcançar um menor desvio linear e angular em relação à posição previamente planeada (Kühn et al., 2012; Novellino et al., 2013). De acordo com Lin et al. (2013), a inserção de implantes guiada por imagens pode ainda melhorar significativamente a precisão na colocação de implantes.

Na tabela 3, apresentam-se estudos que avaliaram os mesmos fatores que a tabela anterior, diferindo neste caso em que foram realizados estudos *in-vivo*, em pacientes que necessitavam de tratamento reabilitador oral.

Tabela 3- Resultados sobre a precisão da colocação de implantes utilizando modelos estereotáxicos, estudos *in-vivo*

Autor	N.º de Implantes		Desvio Vertical (mm)	Desvio Lateral – coronal (mm)	Desvio Lateral apical (mm)	Desvio Angular (°)
Arisan et al. (2010)	294		-	1,70	1,99	5 °
				0,7	0,76	2,9 °
Sun et al. (2013)	80	44 Max.	0,65	1,09		2,73 °
		36 Mand	1,04	1,23		4,05 °
Stübinger et al. (2014)	44		0,47	0,71	0,77	2,39 °
Shen et al. (2015)	109	52	0,78	2,07	2,89	8,84 °
		57	0,54	1,18	1,43	4,21 °
Geng et al. (2015)	111	59	0,51	0,69	0,94	2,71 °
		52	0,32	0,27	0,37	1,72 °
Naziri et al. (2016)	236		0,6	1,0	1,4	3,6 °

Arisan et al. (2010) e Geng, Liu, Su, Li, & Zhou (2015) dividiram a sua amostragem segundo o suporte da guia cirúrgica (dentário, ósseo ou mucoso). Sun & Luebbers (2013) repartiram a sua amostra em reabilitações na maxila ou na mandíbula. Shen et al. (2015) avaliaram a colocação de implantes pela técnica convencional e pela cirurgia guiada. Esta tabela apresenta vários estudos em que foi comparado o desvio da posição planeada para o implante e a posição em que este foi colocado.

Segundo Arisan et al. (2010), as cirurgias auxiliada por guias são uma boa ajuda na prática clínica, contudo devem ser utilizadas com fixação rígida, guia metálica e *kit* de brocas recomendado. Foi encontrado um maior desvio angular na mandíbula do que nos tratamentos na maxila, nos estudos realizados por Sun e os seus colaboradores (2013). Os autores anteriores referiram que é importante manter uma distância de segurança das estruturas nobres. Todos os estudos referiram que o uso correto das guias cirúrgicas, com base nos modelos estereotáxicos aumenta a precisão da colocação do implante face ao

planeado, principalmente nas guias suportadas por dentes, contudo desvios relativos à fase de planeamento são inevitáveis (Geng et al., 2015; Shen et al., 2015; Stübinger, Buitrago-Tellez, & Cantelmi, 2014).

Apesar de obtemos um tratamento mais preciso, o recurso a esta tecnologia encarece o tratamento e despende mais tempo. Contudo continua a ser mais indicada em casos mais complicados, como por exemplo: cirurgia sem retalho ou *flapless*, cargas imediatas, reabilitações estéticas e casos de insuficiência óssea (Shen et al., 2015). Ambos os autores referiram o facto de se obterem desvios inferiores a 1 mm, considerando um elevado grau de precisão, contudo aconselha-se aquando do planeamento que se respeite uma margem de segurança de 1 a 2 mm para salvaguardar possíveis complicações durante o tratamento (Arisan et al., 2010; Geng et al., 2015; Naziri, Schramm, & Wilde, 2016; Shen et al., 2015; Stübinger et al., 2014; Sun & Luebbers, 2013).

III. CONCLUSÃO

A Medicina Dentária e as tecnologias digitais, nos últimos anos, têm vindo a evoluir em conjunto na busca de um aumento da qualidade de vida do homem. Procurando tratamentos com resultados mais definitivos e funcionais.

Todo o procedimento cirúrgico da colocação e implantes já está bem estudado e fundamentado há largos anos. Mesmo sendo um procedimento bem conhecido, deve-se tomar em atenção todas as suas limitações, como o remanescente ósseo e a sua qualidade, muitas vezes existem dificuldades em identificar se as condições ideais estão presentes. Inovações nos sistemas de planeamento digital vieram fazer a ponte de conceção entre as imagens de alto detalhe colhidas pelo CBCT e os dispositivos de impressão 3D, permitindo assim ao médico dentista, avaliar cada caso com elevada precisão sobre todas as estruturas e fabricar as respetivas guias cirúrgicas segundo a posição escolhida previamente.

Para a obtenção do modelo estereotáxico, necessitamos da informação proveniente da CBCT, em caso de falta de referências, como os dentes ou otimização do modelo, pode ser necessário recorrer a uma nova digitalização ou a um *scan* da cavidade oral. Uma vez obtidas as duas digitalizações, as imagens devem ser sobrepostas e assim temos os modelos estereotáxicos. Nestes modelos vão ser escolhidos os locais viáveis para a colocação dos implantes e vão ser elaboradas guias cirúrgicas que seguem o eixo do implante previamente planeado. Segue-se a cirurgia realizada com o *kit* brocas recomendadas pelos fabricantes.

Com recurso aos modelos estereotáxicos, consegue-se aperfeiçoar a precisão da colocação dos implantes. Estudos realizados em implantes que foram colocados com base no planeamento feito em modelos esterotáxicos, indicam que o desvio vertical é na grande maioria dos casos inferior a 1mm, e o desvio horizontal é quase sempre inferior a 1,5 mm, contudo relatou-se um maior desvio horizontal a nível apical do que a coronal.

Apesar da grande precisão alcançada por esta técnica, este tipo de tratamento e estudos tendem a aumentar os custos relativamente aos tratamentos convencionais e nem todos os dentistas dispõem desta tecnologia. Ainda assim, em casos de reabilitações mais complicadas, em que a angulação e o remanescente ósseo são um desafio está indicada a sua utilização.

IV. BIBLIOGRAFIA

- Alikhani, M., Lopez, J. A., Alabdullah, H., Vongthongleur, T., Sangsuwon, C., Alansari, S., ... Teixeira, C. C. (2015). High-Frequency Acceleration: Therapeutic Tool to Preserve Bone following Tooth Extractions. *Journal of Dental Research*. <http://doi.org/10.1177/0022034515621495>
- Arisan, V., Karabuda, Z. C., & Ozdemir, T. (2010). Accuracy of two stereolithographic guide systems for computer-aided implant placement: a computed tomography-based clinical comparative study. *Journal of Periodontology*, 81(1), 43–51. <http://doi.org/10.1902/jop.2009.090348>
- Atwood, D. A. (1971). Reduction of residual ridges: a major oral disease entity. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 26(3), 266–279. [http://doi.org/10.1016/0022-3913\(71\)90069-2](http://doi.org/10.1016/0022-3913(71)90069-2)
- Balem, F. P. (2010). *A Utilização Da Prototipagem Rápida Na Odontologia*. Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- Bertol, L. S. (2008). *Contribuição Ao Estudo Da Prototipagem Rápida, Digitalização Tridimensional E Seleção De Materiais No Design De Implantes Personalizados*. Ufrgs. Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- Bilhan, H., Arat, S., Mumcu, E., Geckili, O., & Sakar, O. (2012). Precision of implant placement with stereolithographic templates: a pilot in vitro study. *The Journal of Oral Implantology*, 38(5), 569–74. <http://doi.org/10.1563/AAID-JOI-D-10-00109>
- Carvalho, B. (2013). *Medicina Dentária Digital - Presente e Futuro*. Igarss 2014.
- Carvalho, N. B., Gonçalves, S. L. de M. B., Guerra, C. M. F., & Carreiro, A. de F. P. (2006). Planejamento em Implantodontia: uma visão contemporânea. *Rev. Cir. Traumatol. Buco-Maxilo-Facial*, 6(4), 17–22. Retrieved from <http://www.revistacirurgiabmf.com/2006/v6n4/2.pdf>
- Cassetta, M. (2015). Immediate loading of implants inserted in edentulous arches using multiple mucosa- supported stereolithographic surgical templates : a 10-year prospective cohort study. *International Journal of Oral & Maxillofacial Surgery*, (December). <http://doi.org/10.1016/j.ijom.2015.12.001>

- Cassetta, M., Di Mambro, a., Giansanti, M., Stefanelli, L. V., & Cavallini, C. (2013). The intrinsic error of a stereolithographic surgical template in implant guided surgery. *International Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, 42(2), 264–275. <http://doi.org/10.1016/j.ijom.2012.06.010>
- Correia, F., & Salgado, A. (2012). Tomografia computadorizada de feixe cônico e a sua aplicação em Medicina Dentária. *Revista Portuguesa de Estomatologia, Medicina Dentaria E Cirurgia Maxilofacial*, 53(1), 47–52. <http://doi.org/10.1016/j.rpemd.2011.11.010>
- Coutinho, K. D., Guerra, P. V. A., Amorim, N. D. M., Ferreira, M. A. C., Guerra Neto, C. L. B., Valentim, R. A. M., ... Moraes, M. L. S. A. (2014). Reconstrução de Imagens Tomográficas tipo DICOM pela Técnica de vetorização aplicada a fabricação de prótese via protipagem rápida. *Revista Brasileira de Inovação Tecnológica Em Saúde*, 1–11.
- Dandekeri, S. S., Sowmya, M. K., & Bhandary, S. (2013). Stereolithographic Surgical Template: A Review. *Journal of Clinical and Diagnostic Research : JCDR*, 7(9), 2093–5. <http://doi.org/10.7860/JCDR/2013/6052.3418>
- Dawood, A., Marti, B. M., Sauret-Jackson, V., & Darwood, A. (2015). 3D printing in dentistry. *Bdj*, 219(11), 521–529. <http://doi.org/10.1038/sj.bdj.2015.914>
- Emami, E., de Souza, R. F., Kabawat, M., & Feine, J. S. (2013). The impact of edentulism on oral and general health. *International Journal of Dentistry*, 2013, 498305. <http://doi.org/10.1155/2013/498305>
- 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. *Int J Clin Exp Med*, 8(6), 8442–8449.
- Haas, L. F., Dutra, K., Porporatti, A., Mezzomo, L. A., Canto, G. de L., Flores-Mir, C., & Corrêa, M. (2015). Anatomical variations of mandibular canal detected by panoramic radiography and computed tomography: a systematic review and meta-analysis.
- Hassfeld, S., & Mühling, J. (2001). Computer assisted oral and maxillofacial surgery--a review and an assessment of technology. *International Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, 30(1), 2–13. <http://doi.org/10.1054/ijom.2000.0024>

- Holcman, M., Chilvarquer, I., Curcio, R., & Abrão, R. (2009). Estudo de implantes em forma de parafuso com corpo único em função imediata, 248–255.
- Jung, Y., & Cho, B. (2015). Assessment of maxillary third molars with panoramic radiography and cone-beam computed tomography. *Imaging Science in Dentistry*, 233–240.
- Júnior, J. F. S., Verri, F. R., Pellizzer, E. P., Moraes, S. L. D. de, & Carvalho, B. M. de. (2010). Implantes dentais curtos: alternativa conservadora na reabilitação bucal. *Rev Cir Traumatol Buco-Maxilo-Fac.*, 10(2), 67–76.
- Kernen, F., Benic, G. I., Payer, M., Schär, A., Müller-Gerbl, M., Filippi, A., & Kühl, S. (2015). Accuracy of Three-Dimensional Printed Templates for Guided Implant Placement Based on Matching a Surface Scan with CBCT. *Clinical Implant Dentistry and Related Research*, 1–7. <http://doi.org/10.1111/cid.12348>
- Kühl, S., Zürcuwe, S., Mahid, T., Müller-Gerbl, M., Filippi, A., & Cattin, P. (2012). Accuracy of full guided vs . half-guided implant surgery. *Clin. Oral. Implants. Res.*, 1–7. <http://doi.org/10.1111/j.1600-0501.2012.02484.x>
- Lin, Y., Yau, H., Wang, I., & Zheng, C. (2013). A Novel Dental Implant Guided Surgery Based on Integration of Surgical Template and Augmented Reality. *Clinical Implant Dentistry and Related Research*, 17. <http://doi.org/10.1111/cid.12119>
- Lopes, P. de M. L., Perrella, A., Moreira, C. R., Neto, J. R., & Cavalcanti, M. G. P. (2007). Aplicação de medidas cefalométricas em 3D-TC. *R Dental Press Ortodon Ortop Facial* 99, 99–106.
- Martins, C., Rosa, S., Norton, A. A., & Silva, Cristina Cardoso Andrade, D. C. (2011). Digitalização 3D em Medicina Dentária, 1–7.
- Masri, R., & Driscoll, C. F. (2015). *Clinical Applications of Digital Dental Technology*. (R. Masri & C. F. Driscoll, Eds.) (1st Editio). Wiley Blackwell.
- Misch, C. E. (2008). *Contemporary Implant Dentistry* (3rd Editio, Vol. 1). <http://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Moin, D. A., Derksen, W., Waars, H., Hassan, B., & Wismeijier, D. (2016). Computer-assisted template-guided custom-designed 3D-printed implant placement with

- custom-designed 3D-printed surgical tooling : an in-vitro proof of a novel concept. *Clin. Oral. Implants. Res*, 1–4. <http://doi.org/10.1111/clr.12838>
- Müller, F., Naharro, M., & Carlsson, G. E. (2007). What are the prevalence and incidence of tooth loss in the adult and elderly population in Europe? *Clinical Oral Implants Research*, 18, 2–14. <http://doi.org/10.1111/j.1600-0501.2007.01459.x>
- Naziri, E., Schramm, A., & Wilde, F. (2016). Accuracy of computer-assisted implant placement with insertion templates. *GMS Interdisciplinary Plastic and Reconstructive Surgery DGPW*, 5, 1–16.
- Neto, B. M. do A. (2014). *Cirurgia Guiada Virtual na Implantodontia : uma revisão de literatura*. Fundação Universitária Vida Cristã.
- Neves, F. D. das, Prado, C. J., Karam, F. K., Pereira, L. M., & Oliveira, M. N. (2014). Próteses unitárias implantossuportadas utilizando moldagem e registro simultâneos com CAD/CAM CEREC. *Prosthes. Lab. Sci.*, 3(12), 300–308.
- Neves, J. B., Bastos, B., Mendes, R., & Lucena, A. (2008). Manutenção em implantes dentários, 437–443.
- Novellino, M. M., Sesma, N., Lagana, D. C., & Ferrari, G. (2013). Linear and angular deviations of implants placed in experimental casts with stereolithographic drill guides fixed by o’ring ortho implant devices. *Brazilian Dental Journal*, 24(4), 391–396. <http://doi.org/10.1590/0103-6440201302012>; 10.1590/0103-6440201302012
- Pascual, D., & Vaysse, J. (2015). Chirurgie implantaire et prothèse guidées et assistées par ordinateur : le flux numérique continu. *Rev Stomatol Chir Maxillofac Chir Orale* 2015, 1–8. <http://doi.org/10.1016/j.revsto.2015.11.011>
- Rodrigues, A. F. (2007). Aplicações da Tomografia Computadorizada na Odontologia. *Pesquisa Brasileira Em Odontopediatria E Clínica Integrada*, 7(3), 317–324. <http://doi.org/10.4034/1519.0501.2007.0073.0020>
- Rodrigues, J. C. de M. (2010). *Estudo da Influência do Ficheiro STL na Obtenção de Modelos Tridimensionais*.
- Shen, P., Zhao, J., Fan, L., Qiu, H., Xu, W., Wang, Y., ... Kim, Y.-J. (2015). Accuracy evaluation of Computer-Designed Surgical Guide Template in Oral Implantology.

Journal of Cranio-Maxillofacial Surgery, in press(10), 2189–2194.

<http://doi.org/10.1016/j.jcms.2015.10.022>

Steck, J. H., Miquelino, R., Souza, A. L. G. de, Golveia, M. F. de, & Silva, J. V. L. da. (2007). Planejamento de cirurgias complexas em cabeça e pescoço – o uso de modelos tridimensionais. *Rev. Bras. Cir. Cabeça Pescoço*, 36(3), 171–173.

Stübinger, S., Buitrago-Tellez, C., & Cantelmi, G. (2014). Deviations between Placed and Planned Implant Positions : An Accuracy Pilot Study of Skeletally Supported Stereolithographic Surgical Templates. *Clinical Implant Dentistry and Related Research*, 16, 540–551. <http://doi.org/10.1111/cid.12019>

Sun, Y., & Luebbers, H. (2013). Accuracy of Dental Implant Placement Using Stereolithographic Template, 862–870. <http://doi.org/10.1111/cid.12189>

Thomé, G., Hermann, C., Thomé, J. G. de P., Sartori, I. A. de M., & Melo, A. C. M. (2009). O Uso da Cirurgia Guiada na Reabilitação Unitária em Região Estética. *Jornal Do ILAPEO*.

Vasak, C., Strbac, G. D., Huber, C. D., Lettner, S., Gahleitner, A., & Zechner, W. (2013). Evaluation of Three Different Validation Procedures regarding the Accuracy of Template-Guided Implant Placement : An In Vitro Study. *Clinical Implant Dentistry and Related Research*, 1–8. <http://doi.org/10.1111/cid.12085>