



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

MESTRADO INTEGRADO EM MEDICINA DENTÁRIA

**UTILIZAÇÃO DE EXAMES IMAGIOLÓGICOS EM
IMPLANTOLOGIA**

Trabalho submetido por
Rodrigo Filipe Marques Gonzalez
para a obtenção do grau de Mestre em Medicina Dentária

junho de 2015



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

MESTRADO INTEGRADO EM MEDICINA DENTÁRIA

**UTILIZAÇÃO DE EXAMES IMAGIOLÓGICOS EM
IMPLANTOLOGIA**

Trabalho submetido por
Rodrigo Filipe Marques Gonzalez
para a obtenção do grau de Mestre em Medicina Dentária

Trabalho orientado por
Prof. Doutor Pedro Abecasis

junho de 2015

Agradecimentos

Quaisquer palavras que aqui escreva nunca serão, seguramente, suficientes para agradecer a cada uma das pessoas que me acompanhou não só ao longo da concretização desta tese, mas sim durante este percurso de cinco anos. Nem sempre foram tempos fáceis, e, olhando para trás, acho que poucas vezes agradei pela ajuda, direta ou indireta, de algumas pessoas que me acompanharam.

Ao meu orientador, Prof. Doutor Pedro Abecasis pela disponibilidade, análise crítica e empenho demonstrado enquanto acompanhou a realização deste trabalho;

Ao meu pai, José, pelo abraço e palavras certas nos momentos mais sombrios, agora e sempre;

À minha mãe, Florbela, pelo apoio e dedicação incondicionais;

À Susana, pela cumplicidade e gargalhadas nos momentos certos;

Ao GG, Monteiro, Pedralves, Palma, Tibá, João Santos, Joana Vieira, Joana Galvão, Sofia Ourique, Mafalda Catrau, Alicia, Maria, PP, Burrinhas, Artur, Mestre, Pedro Ferreira, Mafalda Mendonça, Inês Amaral, Sofia Saman, a família que escolhi, pela sua presença constante nas melhores e piores horas;

Aos meus tios Zé e Sofia, primos e avós, pelo porto de abrigo que faz de mim quem eu hoje sou;

Obrigado!

Resumo

O implante dentário é um dispositivo aloplástico colocado no osso dos maxilares com o objectivo de suportar uma prótese fixa ou removível. Estes dispositivos têm vindo a ganhar imensa popularidade e são considerados o maior avanço dos últimos 50 anos em Medicina Dentária. Estes implantes são utilizados na substituição dos dentes perdidos através de reabilitações definitivas que não interferem na função oral e fonação do paciente, aumentando a autoestima do mesmo.

Um plano de tratamento bem elaborado é crucial para o sucesso do tratamento com implantes e a Imagiologia possui um papel fundamental para assegurar um resultado final excelente. Na verdade, a imagiologia de diagnóstico tem um papel fundamental na avaliação pré-operatória dos pacientes que irão ser submetidos a este tratamento, na avaliação pós-operatória da integração do implante e na avaliação a longo prazo do *status* do implante.

Entre os meios imagiológicos mais utilizados na obtenção de informação complementar diagnóstica pode citar-se a Radiografia Periapical, a Ortopantomografia, a Tomografia Computorizada e a Tomografia Computorizada de Feixe Cónico. A seleção do meio imagiológico adequado deve ser baseada na capacidade do mesmo para fornecer a informação necessária durante as diferentes fases do tratamento.

Estas modalidades imagiológicas devem permitir o acesso às estruturas anatómicas vitais, nomeadamente o buraco mentoniano, o seio maxilar, o canal alveolar inferior, as fossas nasais e o buraco palatino. Para além disso, possibilita a deteção de patologias próximas ao local proposto, a avaliação da quantidade e qualidade do osso e a determinação de potenciais vias de colocação dos implantes, tendo em conta a angulação do rebordo alveolar.

Esta monografia visa expor quais os meios imagiológicos mais utilizados em Implantologia, referindo as suas vantagens e desvantagens e permitindo o estabelecimento de um critério de seleção para a utilização destes meios complementares de diagnóstico.

Palavras-Chave: Implantologia; Radiologia; Imagiologia Dentária; Implantes Dentários

Abstract

A dental implant is an alloplastic device that is placed in the maxillary bone with the purpose of supporting a fixed or removable prosthesis. These devices have gained huge popularity and are considered the greatest advance in Dentistry over the last 50 years. Implants are used as substitutes of missed teeth by replacing them with definitive rehabilitations that do not affect the patient's oral function nor his phonation, increasing one's self-esteem.

A rigorous treatment plan is crucial to the success of the dental implant therapy and dental imaging plays an essential part in ensuring an excellent final result. Indeed, diagnostic imaging has a fundamental role on pre-operative evaluation of the patients going through this treatment, on post-operative evaluation of the implant's integration and on the long term evaluation of the implant status.

The most used radiographic methods in the diagnosis are Periapical Radiography, Panoramic Radiography, Computerized Tomography and Cone Beam Computerized Tomography. The selection of the radiographic technique is based on the capacity of each technique to provide necessary information on each phase of the treatment.

Diagnostic imaging must provide information concerning the vital anatomic structures, such as mental foramen, maxillary sinus, mandibular canal, nasal cavity and incisive foramen. In addition, it allows the detection of pathologies near the proposed location, the evaluation of the quantity and quality of the bone and the determination of potential pathways to the implant placement, taking into account the angle of the alveolar ridge.

This paper aims to expose which imaging modalities are the most used in Implantology, noting their advantages and disadvantages, attempting the establishment of a selection criteria when using these complementary diagnostic exams.

Keywords: Implantology; Radiology; Dental Imaging; Dental Implants

Índice

Introdução	11
Desenvolvimento	16
Classificação das técnicas radiográficas em Implantologia.....	16
Radiografia Periapical	17
Vantagens	19
Desvantagens	20
Aplicação em Implantologia.....	23
Imagiologia do pilar e dos componentes protéticos do Implante	27
Radiografia digital vs Radiografia convencional	29
Subtração radiográfica digital.....	31
Radiografia Oclusal.....	31
Telerradiografia de Perfil.....	34
Ortopantomografia	37
Tomografia Convencional	50
Tomografia Computorizada.....	54
Obtenção da imagem na Tomografia Computorizada	57
Vantagens	61
Desvantagens	65
Tomografia Computorizada de Feixe Cônico (TCFC)	66
Vantagens	70
Desvantagens	76
Imagiologia de Diagnóstico Interativa.....	78
Ressonância Magnética.....	83
Recomendações da <i>American Academy of Oral and Maxilofacial Radiology</i> (AAOMR) para a utilização de meios radiológicos em Implantologia.....	86
Conclusão.....	89
Bibliografia	92

Índice de Figuras

Figura 1 - Técnica da bisettriz (Fonte - White & Pharoah, 2014).....	18
Figura 2 - Técnica do paralelismo (Fonte - White & Pharoah,2014)	18
Figura 3 - Posicionamento da película. A - Posicionamento pela técnica do paralelismo; B - A fonte de raios X encontra-se perpendicular à película mas não ao implante, resultando em encurtamento; C - A fonte de raios X encontra-se perpendicular ao implante, mas não à película, resultando em alongamento (Fonte – Misch, 2015)	23
Figura 4 - Radiografia Oclusal. A - A radiografia oclusal fornece informação acerca da largura de osso na região anterior; B - No entanto, estas radiografias mostram a distância vestibulo-lingual mais larga (seta vermelha), sendo que a dimensão transversal na crista do rebordo alveolar é menor (seta verde) (Fonte – Misch, 2015).....	33
Figura 5 - Princípios básicos de funcionamento da Ortopantomografia (Fonte - White & Pharoah, 2014).....	38
Figura 6 - Todas as ortopantomografias apresentam uma angulação negativa de aproximadamente 8 graus, conferindo ampliação inerente à técnica radiográfica (Fonte - Adaptado de Misch, 2015).....	40
Figura 7 - Devido à curvatura do arco dos maxilares, a radiografia panorâmica apresenta centros de rotação em constante mudança (Fonte - Adaptado de Misch, 2015).....	41
Figura 8 - Ortopantomografia obtida com esferas metálicas fixadas em cera nos espaços edêntulos (Fonte - Lingam et al., 2013)	46
Figura 9 - Tomografia Computorizada vs Tomografia Computorizada de Feixe Cónico. A - Na TC convencional, a fonte de raios X emite um feixe em forma de leque que roda em torno do paciente, adquirindo um corte de uma estrutura anatómica por rotação. Desta forma, como o número de rotações necessárias vai ser maior, a quantidade de radiação emitida também vai ser superior; B – A TCFC consegue obter todos os dados numa única rotação, reduzindo a radiação necessária, os erros de reformatação e a distorção (Fonte – Misch, 2015)	68

Figura 10 - Obtenção do modelo radiopaco. A - Obtenção dos modelos de estudo; B - Enceramento de diagnóstico ou confecção de prótese total; C - Fabrico do modelo radiopaco; D - Obtenção do exame imagiológico com o modelo radiopaco; E - O passo D permite a criação de um modelo virtual que é sobreposto à imagem obtida e, desta forma, obtém-se uma relação correta entre os dentes e a topografia óssea subjacente e é possível obter uma posição de angulação dos implantes precisa (Fonte – Adaptado de Ganz, 2015; Misch, 2015)81

Figura 11 - Os modelos radiopacos podem, posteriormente, ser transformados em guias cirúrgicas (Fonte - Misch, 2015).....82

Índice De Siglas

ALARA – As Low As Reasonable Achievable

AAOMR - American Academy of Oral and Maxilofacial Radiology

IDI – Imagiologia de Diagnóstico Interativa

RM – Ressonância Magnética

TC – Tomografia Computorizada

TCFC – Tomografia Computorizada de Feixe Cônico

Introdução

A substituição de dentes pode ser alcançada de forma efetiva, previsível e confiável recorrendo aos implantes dentários, sendo que estes são capazes de fornecer a função e a estética de uma dentição natural a pacientes total ou parcialmente desdentados. Na verdade, permite aos pacientes recuperar a sua função mastigatória, estética, sorriso, fonação e deglutição. Em pacientes com dor orofacial, podem resolver os sintomas dolorosos e melhorar a aparência estética e facial. Os pacientes quando reabilitados com implantes tornam-se mais autoconfiantes e revelam um bem-estar que até então não se verificava (Tagliareni & Clarkson, 2015).

A reabilitação com implantes permite a reposição dos dentes perdidos de duas maneiras distintas: coroas suportadas por implantes e sobredentaduras (fixa ou removível) suportada por implantes (Zhang & Zheng, 2015).

A maioria dos implantes hoje em dia é osteointegrada. Os implantes mais antigos, como por exemplo os subperiosteos e o implante em lâmina, eram fibrointegrados. No entanto, atualmente os implantes mais aceites e melhor sucedidos são os implantes endósseos osteointegrados. A Osteointegração pode ser definida como a ligação estrutural e funcional direta entre o osso organizado e o implante sujeito a carga em função, sem interposição de tecido mole entre o osso e o implante. Clinicamente, é definida como a fixação rígida e assintomática do implante no osso, tendo a capacidade de suportar as forças oclusais (Tagliareni & Clarkson, 2015; Zhang & Zheng, 2015).

A disseminação da utilização de implantes osteointegrados baseou-se na descoberta de que o titânio pode ser fundido com sucesso com o osso quando os osteoblastos estão presentes e crescem na superfície áspera do titânio implantado. Esta situação leva a uma ligação estrutural e funcional entre o osso e o implante. O material de escolha dos implantes deve ser biocompatível com o osso e biologicamente inerte, sendo que o titânio é um ótimo material que reúne estas duas características. Outro material que tem sido utilizado mais recentemente é o zircónio (Ogle, 2015; Tagliareni & Clarkson, 2015; Zhang & Zheng, 2015).

Os implantes de zircónio são indicados em reabilitações anteriores onde a cor é um fator importante devido ao reduzido recobrimento gengival e onde os tecidos podem

transmitir uma tonalidade cinzenta inestética dos implantes. No entanto, existem relatos de vários casos onde ocorreram fraturas dos pilares de zircónio. A força que irá incidir sobre a restauração deve ser tida em conta (Ogle, 2015).

As reabilitações com implantes dentários modernos são praticamente indistinguíveis dos dentes naturais. São colocados no local proposto e necessitam de um período de osteointegração, sendo que este período pode ir de 3 a 6 meses e é responsável pela cicatrização e ancoragem do implante (Zhang & Zheng, 2015).

Apesar de cada sistema de implantes poder variar, as partes constituintes são basicamente as mesmas. O corpo do implante é o constituinte do implante que se encontra em contacto com o osso e, de acordo com o sistema de implantes, a secção do corpo pode ter diferentes superfícies (rosqueadas, ranhuradas, perfuradas, tratadas com *spray* de plasma, revestidas). Cada tipo de superfície destina-se a desempenhar uma função específica, sendo que um aumento da área de superfície potencia a integração óssea e um melhor envolvimento com o osso desempenha um papel fundamental na ancoragem óssea imediata e a longo prazo. O segundo constituinte estabelece a ligação entre o corpo do implante e a prótese intraoral que irá ser fabricada e denomina-se pilar transmucoso. O pilar encontra-se normalmente conectado ao implante por meio de um parafuso, no entanto também pode ser cimentado ou ligado por um cone Morse. Os pilares podem ligar-se ao corpo do implante por meio de uma conexão geométrica interna ou externa (inicialmente, um hexágono), que também funciona como um dispositivo antirotacional e é particularmente importante em reabilitações unitárias. A última parte do implante é a prótese propriamente dita. Esta pode ser ligada aos pilares através de parafusos, cimento, *attachments* de precisão, ímãs ou outros métodos, tais como os usados para sobredentaduras removíveis sobre implantes (Anusavice, Shen, & Rawls, 2013).

A cirurgia de implantes é feita por fases, sendo que a primeira fase corresponde à parte cirúrgica, onde o implante é colocado no osso. Após esta fase, o implante é deixado no osso durante alguns meses (dependendo do tipo de osso) para permitir a osteointegração e a cicatrização. Uma segunda cirurgia pode ser necessária para expor o implante ao meio oral e colocar um parafuso de cicatrização para permitir a correta cicatrização dos tecidos em redor do local onde será posicionado o pilar. Mais tarde, será colocado o pilar e a coroa ou prótese removível (por exemplo) sobre os

implantes. Alguns sistemas já utilizam apenas uma única intervenção cirúrgica, sendo que o implante é exposto ao meio oral imediatamente e ao fim de alguns dias já está apto a receber carga. Em alguns casos é possível submeter o implante a carga imediata, sendo a qualidade e quantidade de osso fatores determinantes para tal ser possível. (Anusavice et al., 2013).

Hoje em dia os implantes são duradouros, resistentes e a sua utilização para reabilitação de zonas desdentadas, permite a confecção de dentes protéticos muito semelhantes aos naturais, fornecendo, assim, uma solução a longo prazo para a perda de dentes. De facto, os implantes dentários encontram-se entre os procedimentos melhor sucedidos em Medicina Dentária. Verifica-se uma taxa de sucesso a 5 anos de 95% dos implantes colocados no maxilar inferior e 90% dos implantes presentes no maxilar superior. As taxas de sucesso são um pouco inferiores no maxilar superior devido à menor densidade óssea verificada neste maxilar (especialmente na região posterior), fazendo com que seja mais difícil a osteointegração. A região recetora de implantes com maior taxa de sucesso é a região posterior do maxilar inferior (Zhang & Zheng, 2015).

A Imagiologia tem um papel fulcral nos procedimentos efetuados em Implantologia. Os meios imagiológicos variam de radiografias *standard* obtidas de forma rotineira no consultório até exames radiológicos mais complexos que têm de ser executados em centros radiológicos (Nagarajan, Namasivayam, Perumalsamy, & Thyagarajan, 2014).

Estes meios imagiológicos são importantes em todas as fases do tratamento com implantes, nomeadamente na avaliação pré-cirúrgica do local potencialmente recetor do implante, na avaliação da integração pós-cirúrgica e avaliação periódica do implante a longo prazo (Angelopoulos & Aghaloo, 2011).

Pode descrever-se um conjunto de princípios radiográficos que devem guiar o Médico Dentista na seleção da técnica imagiológica adequada e na avaliação da qualidade das imagens para o fim a que estão destinadas. A escolha do meio imagiológico para um determinado paciente depende de um grande número de fatores, dos quais se destacam: o tipo de implante utilizado, a posição dos dentes remanescentes e a extensão de osso existente, tendo em conta a quantidade e a qualidade. Para além disso, essa escolha ainda é influenciada por outros fatores, como por exemplo o custo, disponibilidade, exposição à radiação e anatomia do paciente, sendo que o Médico

Dentista tenta encontrar um equilíbrio entre esses fatores, de forma a diminuir o risco de complicações para o paciente (Bagchi & Joshi, 2012; Kalra, Jain, Deoghare, & Lambade, 2010; Manisundar, Hemalatha, Manigandan, & Amudhan, 2014; Nagarajan et al., 2014).

Uma avaliação radiográfica minuciosa é fundamental para obter informação relativamente a estes fatores e informar os pacientes do seu prognóstico e da probabilidade de uma reabilitação bem sucedida, bem como guiar a colocação do implante pré-operatoriamente (Bagchi & Joshi, 2012).

Os meios radiológicos podem ser classificados em analógicos ou digitais e em bidimensionais ou tridimensionais. Na verdade, as várias técnicas radiológicas permitem a obtenção de um diagnóstico preciso e confiável da anatomia do paciente no local proposto para a colocação do implante. As projeções radiográficas normais são as intraorais (periapical e oclusal) e as extraorais (Telerradiografia de Perfil e Ortopantomografia) e as técnicas imagiológicas mais complexas incluem a Tomografia Computorizada (TC) e a Tomografia Computorizada de Feixe Cónico (TCFC) (Manisundar et al., 2014; Nagarajan et al., 2014).

O Plano de Tratamento em Implantologia inclui o exame radiológico, sendo este bastante importante para obtenção de informação relativa à localização de estruturas anatómicas, quantidade e qualidade do osso disponível, presença de lesões intraósseas, número e tamanho dos implantes, padrão oclusal e futuro desenho protético. Toda esta informação é essencial para um tratamento com implantes correto (Lingam, Reddy, Nimma, & Pradeep, 2013)

Os objetivos das modalidades imagiológicas utilizadas são identificar estruturas anatómicas vitais, como o nervo alveolar inferior e o seio maxilar, decidir se o tratamento é adequado ao paciente em questão, fornecer informação relativamente à quantidade de osso, angulação do processo alveolar, bem como a altura e dimensão vestibulo-lingual do rebordo (conseguida através de cortes transversais do arco dentário), detetar alguma condição patológica e selecionar o comprimento e largura do implante e a posição ótima do implante relativamente às cargas oclusais (Lingam et al., 2013; Monteiro, 2014; Nagarajan et al., 2014).

Para além dos objetivos já referidos, as imagens radiológicas devem apresentar distorção mínima de forma a permitir a obtenção de medições precisas. Idealmente,

devem possibilitar a avaliação da densidade trabecular e da espessura das placas corticais (Lingam et al., 2013).

O implante deve ser colocado num local pré-determinado estruturalmente sólido que possa suportar o processo de osteointegração. As probabilidades de um implante bem sucedido são aumentadas se existir uma correcta distribuição das forças mastigatórias e uma quantidade de osso satisfatória para ancoragem do mesmo. O osso cortical é o melhor tipo de osso para suportar os implantes (Angelopoulos & Aghaloo, 2011).

Como objetivos primordiais desta monografia, salientam-se:

1. Expor quais são os meios imagiológicos que são utilizados em Implantologia, referindo as suas vantagens, desvantagens e de que modo são úteis para esta área da Medicina Dentária e em que fase do processo de colocação de implantes devem ser utilizadas;
2. Estabelecer comparações entre as diferentes modalidades radiológicas e aferir em que situações se deve utilizar uma em detrimento de outras;
3. Elaborar uma sequência de utilização dos diferentes meios radiológicos nas várias fases do processo de colocação de implantes.

Desenvolvimento

Classificação das técnicas radiográficas em Implantologia

A imagiologia possui um papel fulcral na área da Implantologia. Na verdade, as técnicas imagiológicas auxiliam-nos a avaliar (após exame clínico) a necessidade de realização de implantes num determinado paciente; localizar estruturas vitais como o nervo alveolar inferior e o seio maxilar; avaliar a quantidade de osso disponível, a sua dimensão vestibulo-lingual e a inclinação do processo alveolar e, desta forma, escolher o implante com largura e comprimento adequados, bem como verificar se existe alguma patologia impeditiva da realização da cirurgia (Nagarajan et al., 2014).

As técnicas radiográficas devem possibilitar a avaliação da espessura das corticais ósseas e da densidade do osso trabecular. Devem ainda permitir a avaliação da melhor posição para o implante, de modo a suportar as cargas oclusais corretamente (Lingam et al., 2013).

Tendo em conta os métodos radiográficos disponíveis em Implantologia, podemos organizá-los em três grandes grupos (Lingam et al., 2013; Manisundar et al., 2014; Misch, 2015; Nagarajan et al., 2014; Wakoh et al., 2006):

1. *Imagem pré-protética para o implante*: Nesta fase estão inseridos todos os meios radiográficos que possam auxiliar a equipa a compreender o plano de tratamento do paciente. Devem permitir a correta avaliação da quantidade, qualidade e angulação do osso, determinação dos locais onde os implantes vão ser colocados e identificação de estruturas vitais, visualização de patologias se estas estiverem presentes e necessidades protéticas;
2. *Imagem cirúrgica e intervencional*: O principal objetivo é avaliar o local de colocação do implante durante e imediatamente após a intervenção cirúrgica, auxiliar na correta colocação e angulação do implante, observar a cicatrização e integração na cirurgia e, por último, permitir que a prótese seja confeccionada de uma forma ideal e que o *abutment* esteja na posição correta;
3. *Imagem pós-protética para o implante*: Esta fase diz respeito à fase do tratamento em que se procede à colocação da prótese e prolonga-se indefinidamente. Aqui devem ser avaliadas a integração e manutenção dos componentes e da função dos implantes. São avaliados os níveis da crista

óssea em redor do implante e o prognóstico e *status* do implante. Permite ainda o acesso ao osso adjacente ao implante e verificar se existe alteração em termos de volume ou mineralização do mesmo.

Como referido, existem vários métodos à disposição do médico dentista para avaliação pré, intra e pós-operatória em Implantologia, no entanto, nenhum desses métodos é o ideal para uma determinada situação e, como tal, deve haver uma combinação de vários métodos radiográficos para conseguirmos uma informação válida e pertinente e que nos auxilie em cada uma das fases referidas.

Radiografia Periapical

As radiografias periapicais são meios radiológicos bidimensionais e de alta resolução que fornecem imagens de uma região limitada do maxilar superior e da mandíbula. Existem duas técnicas de projeção intraoral que podem ser utilizadas nas radiografias periapicais: a do paralelismo e a da bisetritz (Angelopoulos & Aghaloo, 2011; Misch, 2015).

Ambas as técnicas referidas têm como objetivo a redução da distorção, no entanto a técnica do paralelismo é, geralmente, preferida, uma vez que a ampliação e a distorção são menores (Angelopoulos & Aghaloo, 2011; Misch, 2015).

De facto, a técnica da bisetritz não deve ser utilizada sempre que possível, visto que existe uma maior distorção inerente a esta técnica. Esta técnica utiliza um método geométrico para obtenção da imagem, mas apenas uma pequena parte das estruturas anatómicas é reproduzida com as dimensões corretas (Monsour & Dudhia, 2008).

Quando existem alguns obstáculos à utilização da técnica do paralelismo, têm de ser feitas algumas modificações e, torna-se necessário recorrer à técnica da bisetritz. Esses obstáculos poderão ser, por exemplo, considerações anatómicas do paciente ou devido ao tamanho do sensor nas radiografias digitais (White & Pharoah, 2014).

A técnica da bisetritz baseia-se na Teoria da Isometria de Cieszinsky que refere que dois triângulos, que possuam um lado em comum e dois ângulos iguais, serão necessariamente iguais. O recetor de raios X é colocado o mais próximo possível da face lingual/palatina do implante, encostando no palato ou no pavimento bucal. Deste modo, se prolongarmos o longo eixo do dente e o eixo da película, eles vão-se interseccionar num ponto. Se dividirmos o triângulo formado ao meio, vamos obter dois

triângulos com um lado em comum e com dois ângulos iguais. A fonte de raios X deve ser orientada perpendicularmente a este plano que é denominado plano bissetor imaginário. Teoricamente, a imagem que apareceria no recetor teria as mesmas dimensões que o objeto projetado (Angelopoulos & Aghaloo, 2011; White & Pharoah, 2014).

Na verdade, quando a técnica da bissetriz é utilizada, a imagem resultante terá as medidas horizontais e verticais alteradas relativamente à realidade (Misch, 2015).

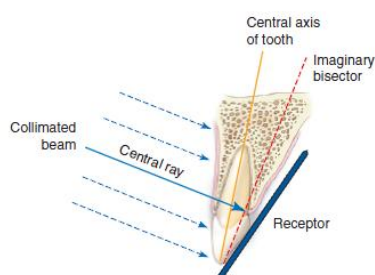


Figura 1 - Técnica da bissetriz (Fonte - White & Pharoah, 2014)

A técnica do paralelismo ou técnica do cone longo (desenvolvida por Gordon M. Fitzgerald), tal como o nome indica, tem como princípio o posicionamento do recetor de raios X (neste caso, a película radiográfica) paralelamente ao longo eixo do dente, do implante, alvéolo ou estrutura óssea em questão. Em seguida, o feixe de raios X será colocado perpendicularmente ao recetor e, conseqüentemente, ao longo eixo do dente. Assim, a imagem obtida será uma visualização lateral da estrutura radiografada (Angelopoulos & Aghaloo, 2011; Bagchi & Joshi, 2012; Misch, 2015; Shah, Bansal, & Logani, 2014; Siu, Chu, Ka-Lun Li, Chow, & Deng, 2010; White & Pharoah, 2014).

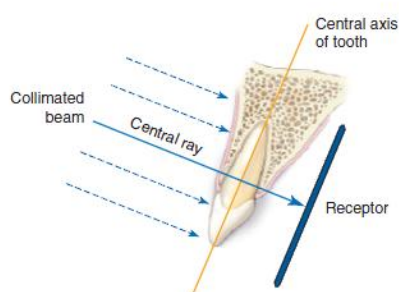


Figura 2 - Técnica do paralelismo (Fonte - White & Pharoah, 2014)

Esta técnica diminui distorções e pode ser conseguida utilizando dispositivos próprios denominados paralelizadores (Misch, 2015). No entanto, muitas vezes, para

conseguirmos um correto paralelismo entre a película e o longo eixo do implante, temos de a posicionar ligeiramente para o centro da cavidade oral, o que pode levar a ampliação e perda de definição (White & Pharoah, 2014). Para ultrapassar este problema, normalmente os aparelhos utilizados para a execução da radiografia possuem um cone longo aberto na extremidade, o que faz com que a distância entre a fonte de raios X ao recetor aumente. Desta forma, apenas os raios X mais centrais e mais paralelos são dirigidos à película e, assim, vai ser reduzida a ampliação, a distorção geométrica e a sobreposição de estruturas anatómicas e, ao mesmo tempo, aumentada a definição (Shah et al., 2014; Siu et al., 2010; White & Pharoah, 2014). Quando usada em Implantologia, esta técnica reduz a distorção geométrica e a ampliação (Misch, 2015).

Vantagens

As radiografias periapicais convencionais são, provavelmente, os meios imagiológicos com mais detalhe em Implantologia. Na verdade, apresentam um poder de resolução de 20 pares de linhas por milímetro, o que corresponde ao dobro do poder de resolução das radiografias digitais intraorais e das radiografias extraorais (Bhoosreddy, Bhoosreddy, & Shirsekar, 2013; Boeddinghaus & Whyte, 2008; Frederiksen, 1995).

As radiografias intraorais periapicais são as que apresentam mais resolução (por vezes, mais de 20 pares de linha por milímetro) de todos os meios imagiológicos. Isto permite a obtenção de uma imagem de alta definição e que, por sua vez, vai possibilitar a medição de distâncias no sentido horizontal, nomeadamente distâncias para as raízes dos dentes adjacentes no local onde vai ser colocado o implante (Mupparapu & Singer, 2004; Siu et al., 2010). Estas imagens com excelente resolução espacial, contraste adequado e mínima distorção podem ser obtidas através de dispositivos paralelizadores onde são colocadas as películas. Desta forma, podemos visualizar, regionalmente, os limites verticais e antero-posteriores dos rebordos residuais, bem como as estruturas anatómicas adjacentes (Tyndall et al., 2012).

A qualidade de imagem verificada nestas radiografias prende-se com a existência de algumas características inerentes às mesmas, à técnica e ao próprio equipamento, tais como: o uso de películas (e não de sensores como na radiografia digital), distância objeto-película curta, maior distância da fonte de raios X à película, uma estreita

colimação e o facto de podermos controlar o alinhamento e posicionamento da película, objeto a radiografar e fonte de raios X (Bhoosreddy et al., 2013; Mupparapu & Singer, 2004).

Estas radiografias são relativamente baratas para o paciente, facilmente obtidas e rapidamente disponíveis e são, normalmente, o exame radiográfico inicial para avaliação do local de colocação do implante (Bhoosreddy et al., 2013; Frederiksen, 1995; Tyndall et al., 2012).

A técnica do paralelismo é a técnica mais aceite para a execução da radiografia periapical devido a um conjunto de fatores dos quais se destacam: dose de radiação na pele reduzida, menor ampliação, ausência de sobreposição do molar sobre a região do molar superior, existindo uma verdadeira relação entre a altura óssea e os dentes adjacentes (Lingam et al., 2013; Monsour & Dudhia, 2008; Shruthi, Sangeetha, Singh, Kini, & Naik, 2013).

Com um correto posicionamento, a ampliação e distorção (normalmente associadas a este tipo de radiografias) são fortemente reduzidas na radiografia periapical e a reprodutibilidade destas radiografias é bastante grande (Manisundar et al., 2014; Siu et al., 2010). Na verdade, para conseguirmos obter a melhor imagem possível com a técnica do paralelismo, devemos manter uma distância entre a película e a fonte de raios X de, aproximadamente, 30 centímetros (Lingam et al., 2013; Monsour & Dudhia, 2008).

Para além das vantagens já referidas, a radiografia periapical apresenta uma dose de radiação bastante baixa (Misch, 2015).

Desvantagens

Apesar das muitas vantagens referidas acerca da Radiografia Periapical, também se podem descrever algumas desvantagens. Na verdade, o facto de haver uma certa dificuldade em fazer com que a película fique verdadeiramente paralela ao implante ou ao processo alveolar, bem como o facto de existir alguma dificuldade em estabelecer a distância da fonte de raios X ao filme e fixar essa distância, faz com que seja difícil a medição das dimensões verticais do osso e a localização de estruturas anatómicas importantes aquando da colocação dos implantes. Este problema verifica-se mais em áreas edêntulas (Frederiksen, 1995).

A técnica do paralelismo é altamente dependente do operador e exige algum grau de cooperação do paciente para se conseguir obter imagens radiográficas com distorções mínimas (Bagchi & Joshi, 2012).

A dificuldade de localização de estruturas anatómicas importantes nesta radiografia prende-se com o tamanho da película. O seu tamanho reduzido torna-as inadequadas para avaliar áreas desdentadas de grande dimensão e estruturas anatómicas relacionadas (A. N. Kumar, Agrawal, Agrawal, Sreedevi, & Kakkad, 2014; Mupparapu & Singer, 2004; Siu et al., 2010; Wakoh et al., 2006).

Em estudos antigos de Klinge *et al* com mandíbulas desarticuladas verificou-se que em 25% das radiografias periapicais o canal mandibular não era identificado. Nas situações em que se conseguia identificar essa estrutura anatómica, apenas 53% das medidas feitas desde a crista óssea alveolar até ao bordo superior do canal estavam corretas com uma margem de erro de 1 mm (Frederiksen, 1995; Siu et al., 2010; White & Pharoah, 2014).

A radiografia periapical é uma imagem a duas dimensões que reproduz um objeto de três dimensões, o que faz com que este meio imagiológico não seja o indicado para avaliar a quantidade de osso. Muitas vezes a imagem encontra-se ampliada e pode haver distorção, o que dificulta ainda mais essa avaliação da quantidade óssea. Por outro lado, não retrata a terceira dimensão do osso – a dimensão vestibulo-lingual ou a largura do osso (Angelopoulos & Aghaloo, 2011; Bagchi & Joshi, 2012; Bhoosreddy et al., 2013; Frederiksen, 1995; A. N. Kumar et al., 2014; Mupparapu & Singer, 2004).

Devido a considerações anatómicas (como, por exemplo, reabsorção óssea dos maxilares) e flexibilidade da película radiográfica, por vezes, torna-se complicado conseguir uma projeção dos raios X correta, o que faz com que haja dificuldade em determinar medições precisas com este meio radiográfico (A. N. Kumar et al., 2014; Siu et al., 2010). Muitas vezes, o local de referência da cortical oposta ao cone do dispositivo de raios X encontra-se para além da abóbada palatina ou da inserção dos músculos linguais. Nestes casos, a imagem deve ser encurtada para visualizar a placa cortical oposta e a altura óssea pode ser difícil de determinar (Bhoosreddy et al., 2013; Misch, 2015).

A radiografia periapical é limitada na avaliação da densidade e mineralização óssea (Bagchi & Joshi, 2012). De facto, não devemos utilizar este meio imagiológico para avaliar a densidade do osso, sendo aconselhável outro tipo de exames para determinar a quantidade de mineralização óssea (Angelopoulos & Aghaloo, 2011).

O campo de imagem da radiografia periapical é reduzido e a sua reprodutibilidade é limitada (Angelopoulos & Aghaloo, 2011; Bhoosreddy et al., 2013). Como a reprodutibilidade da imagem é difícil de obter em regiões de edentulismo extenso, isto leva a que a precisão e a confiança, nesta situação, sejam reduzidas (Bagchi & Joshi, 2012).

A maior limitação da radiografia periapical é a ausência de informação transversal para avaliação do volume ósseo (Bagchi & Joshi, 2012; Wakoh et al., 2006). Este meio radiográfico fornece apenas uma visão lateral do local onde potencialmente será colocado o implante, não fornecendo informação transversal (Siu et al., 2010).

A precisão das medidas verticais pode ser melhorada utilizando um objeto que funciona como marcador. Esse objeto terá uma dimensão previamente conhecida e será colocado na região da crista do local potencialmente recetor do implante. Ao radiografar esse marcador, se ele aparecer alongado, também o local em que será colocado o implante aparecerá com uma dimensão vertical superior àquela que realmente tem. Desta forma, pode contornar-se ligeiramente o problema de ampliação subjacente à radiografia periapical (Bagchi & Joshi, 2012; Misch, 2015).

O rebordo alveolar desdentado pode não ter o mesmo longo eixo que um dente teria, o que faz com que a imagem do osso alveolar na região apareça distorcida, ora alongada ora encurtada (Siu et al., 2010). De facto, quando a fonte de raios X se encontra perpendicular ao objeto mas não à película, vai ocorrer encurtamento. Pelo contrário, se a fonte de raios X se encontrar perpendicular à película mas não ao objeto, vai ocorrer alongamento. Estes conceitos são importantes para o clínico conseguir reduzir a ampliação e a distorção nas radiografias intraorais (Misch, 2015).

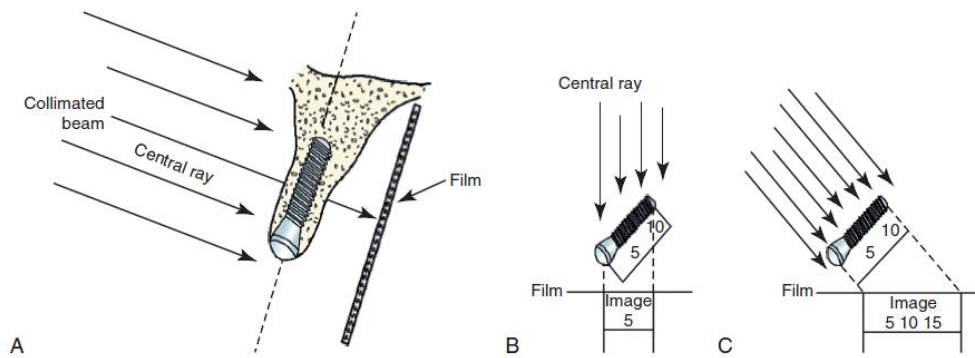


Figura 3 - Posicionamento da película. A - Posicionamento pela técnica do paralelismo; B - A fonte de raios X encontra-se perpendicular à película mas não ao implante, resultando em encurtamento; C - A fonte de raios X encontra-se perpendicular ao implante, mas não à película, resultando em alongamento (Fonte – Misch, 2015)

Aplicação em Implantologia

As radiografias periapicais têm sido utilizadas para avaliação do maxilar superior e da mandíbula antes e após a colocação de implantes (Monsour & Dudhia, 2008).

A radiografia periapical é utilizada na fase da *imagem pré-protética para o implante* (fase 1) na avaliação de pequenos espaços edêntulos (Misch, 2015). De facto, na fase pré-protética, a radiografia periapical é utilizada para implantes unitários em regiões onde o osso é abundante em altura e largura. A utilização deste meio radiográfico em pacientes desdentados é limitada (Angelopoulos & Aghaloo, 2011; Bagchi & Joshi, 2012; Bhoosreddy et al., 2013).

Usando estes meios imagiológicos, a região onde irá ser colocado o implante pode ser cuidadosamente examinada em termos de padrões trabeculares, raízes residuais, periodonto e, ainda, angulação dos dentes adjacentes (Bagga et al., 2014; A. N. Kumar et al., 2014; Mupparapu & Singer, 2004).

Estes métodos radiográficos são bastante úteis para verificar a presença de situações patológicas no local onde será colocado o implante, bem como para identificar estruturas anatómicas próximas a este local. Para além disso, podemos ter informação acerca da altura vertical da região edêntula, a distância do local proposto para o implante a estruturas anatómicas de maior importância e, ainda, informações acerca da arquitetura e qualidade do osso, nomeadamente em termos de densidade óssea e padrão trabecular (Angelopoulos & Aghaloo, 2011; Nagarajan et al., 2014).

Em termos de utilização como meio radiográfico pré-operatório, a radiografia periapical é (Bagga et al., 2014; Bhoosreddy et al., 2013; Kalra et al., 2010; Manisundar et al., 2014; Misch, 2015):

1. Útil para avaliar a presença de patologia dentária ou óssea na região que irá receber o implante;
2. Caracterizada por ter vantagens inerentes como menor radiação, velocidade instantânea e resolução superior;
3. De valor limitado na avaliação da quantidade óssea, pois a imagem encontra-se ampliada e pode sofrer alguma distorção se a técnica do paralelismo não for corretamente executada. Para além disso, não nos dá a dimensão transversal do osso;
4. De valor limitado na avaliação da qualidade óssea, nomeadamente em termos de mineralização e densidade (as tábuas corticais laterais impedem uma visualização precisa e não consegue distinguir alterações trabeculares subtis);
5. Útil na localização de estruturas anatómicas importantes, no entanto de valor limitado no fornecimento de informação quanto à relação espacial entre o local recetor do implante e essas mesmas estruturas;
6. Mais utilizada em implantes unitários em regiões onde existe uma abundante quantidade de osso, nomeadamente em largura;
7. Útil na fase protética e de manutenção do tratamento.

Na fase da *imagem cirúrgica e intervencional* (fase 2) é bastante útil na visualização do alinhamento e orientação do implante durante a cirurgia, bem como na confirmação de que o implante não está a invadir uma raiz de um dente adjacente ou o canal mandibular (Misch, 2015).

A radiografia periapical é, ainda, de grande utilidade para avaliar os implantes na fase da *imagem pós-protética do implante* (fase 3) (Misch, 2015; Nagarajan et al., 2014).

Normalmente, é considerado um procedimento ideal a obtenção de uma radiografia pós-protética para servir como referência para a futura avaliação da perda óssea marginal e verificação da adaptação de todos os componentes protéticos. Na verdade, deve-se assegurar o correto assentamento dos vários componentes protéticos do implante e determinar o nível ósseo marginal para estabelecer futuras comparações. Para além disso, é importante para a visualização de excessos de cimento em coroas

cimentadas sobre implantes, uma vez que este cimento pode levar a irritação tecidual, perda óssea e infecção (Misch, 2015; Wadhvani, Schuler, Taylor, & Chen, 2012).

Os dois métodos auxiliares mais precisos para a avaliação do sucesso do implante é a ausência de mobilidade do implante e a evidência radiográfica do osso em redor do corpo do implante (Misch, 2015). Na verdade, um implante clinicamente estável é caracterizado radiograficamente pela presença de osso normal em contacto íntimo com a superfície do implante, enquanto que a presença de uma radiotransparência peri-implantar pode significar que estamos perante um implante não osteointegrado (Pikner, 2008). No entanto, para esta radiotransparência ser visível, tem de ser larga o suficiente para ultrapassar as limitações impostas pela resolução da radiografia, caso contrário estaremos perante uma situação de falso negativo (Misch, 2015; Pikner, 2008).

Podemos, ainda, depararmo-nos com situações de falsos positivos devido ao efeito das bandas de Mach. De facto, neste efeito, uma região de baixa densidade radiográfica se estiver próxima de uma região de alta densidade radiográfica (por exemplo, o implante), pode levar o observador a achar que a imagem é mais radiotransparente do que é na realidade (Misch, 2015).

As radiografias periapicais de manutenção ou follow-up devem ser feitas um ano após a prótese estar em função e, a partir daí, anualmente durante os três anos seguintes (Misch, 2015).

A radiografia é a ferramenta mais utilizada para avaliar o nível ósseo marginal dos implantes e as suas modificações ao longo do tempo. A técnica escolhida é a radiografia periapical, uma vez que permite o ajuste angulação dos feixes de raio X em cada situação e porque é um método radiográfico de grande resolução e, como tal, permite uma correta avaliação do nível ósseo. Nas consultas de controlo, o nível ósseo marginal deve ser comparado com o da radiografia pós-protética imediata. Como tal, radiografias periapicais semelhantes em geometria, densidade e contraste são fundamentais. A standardização destas radiografias é fulcral e, para tal, vários dispositivos paralelizadores para colocação da película e que se aparafusam ao implante, pilar ou prótese têm sido desenvolvidos. No entanto, a utilização destes dispositivos torna-se inviável, uma vez colocada a coroa sobre o implante, visto que a

remoção da restauração vai consumir tempo de consulta e pode levar a alteração dos tecidos moles e duros em redor do implante. Na verdade, a perturbação causada pela remoção e substituição do pilar pode levar à perda dos tecidos de suporte do implante. O meio ideal de padronização das radiografias periapicais seria a existência de um dispositivo que conseguisse alinhar o corpo do implante com o cone de raios X de uma forma precisa e que, ao mesmo tempo, não necessitasse de remoção da restauração nas visitas seguintes (Misch, 2015; Pikner, 2008; Wadhvani et al., 2012).

Para além disso, também se deve documentar os valores de miliamperagem e kilovoltagem do dispositivo de raios X para futuras comparações (Misch, 2015).

Os implantes rosqueados têm a vantagem de permitirem verificar se a radiografia foi obtida com a geometria vertical adequada ou não. Quando a projeção correta dos raios X é alcançada, consegue-se visualizar claramente as roscas do implante de ambos os lados do implante. Por outro lado, quando se encontram difusas do lado esquerdo, estamos perante uma situação em que a angulação do cone foi numa direção demasiado inferior. Ao contrário, quando não se conseguem visualizar claramente as roscas do implante no lado direito, significa que a direção de angulação do cone foi demasiado superior (Misch, 2015; Pikner, 2008).

No entanto, a radiografia periapical apresenta deficiências na avaliação da osteointegração, uma vez que o contacto direto do implante com o osso não consegue ser determinado com precisão. Para além disso, só mostra a perda óssea marginal em mesial e distal e, muitas vezes, essa perda ocorre na região vestibular e lingual do osso. De facto, estas regiões do osso ficam obscurecidas pelo próprio implante (Pikner, 2008; Wadhvani et al., 2012).

Foram, ainda, detetadas limitações deste meio imagiológico na avaliação da altura óssea, visto que a distorção do osso vestibular ou lingual na radiografia pode levar a uma estimativa exagerada da altura do osso, sendo que essa estimativa é influenciada pela posição vestibulo-lingual do implante (Wadhvani et al., 2012).

Também na avaliação da mineralização se verificaram algumas limitações. Na verdade, estudos iniciais revelam que, para uma desmineralização óssea ser detetada, tem de haver 7% de desmineralização e, em alguns casos, essa desmineralização tem de atingir os 30% na mandíbula para ser prontamente detetada (Wadhvani et al., 2012).

Imagiologia do pilar e dos componentes protéticos do Implante

Quando existe uma situação de impressão definitiva em Implantologia e temos um componente protético de duas peças contendo um pilar, tem de se utilizar a radiografia periapical para verificar se há um completo assentamento entre o pilar e o implante (Misch, 2015).

A radiografia intraoral é o método mais confiável para a avaliação da existência de um espaço entre o implante e o pilar (Papavassiliou, Kourtis, Katerelou, & Chronopoulos, 2010). Assim, deve-se utilizar este meio imagiológico porque apresenta alta resolução geométrica e, desta forma, conseguir detetar alguma discrepância na adaptação (Misch, 2015). Um ajuste inadequado entre os componentes protéticos pode levar a falha da prótese e dos parafusos de fixação que unem o implante à superestrutura. Para além disso, também pode causar alterações ósseas (Wadhvani et al., 2012).

No entanto, como já foi referido, a radiografia periapical apresenta limitações devido a erros de angulação e falsos diagnósticos podem ocorrer (Papavassiliou et al., 2010; Wadhvani et al., 2012).

É importante ter em conta a técnica do paralelismo, de modo a que o feixe de raios X fique perpendicular ao longo eixo do implante, uma vez que basta uma pequena variação da angulação do cone para um pequeno espaço entre o pilar e o implante passar despercebido (Misch, 2015). De facto, é importante que o feixe de raios X fique posicionado tendo em conta a angulação do implante e não as superfícies oclusais dos dentes (como normalmente acontece), visto que isto pode levar a informações imprecisas acerca da adaptação dos componentes protéticos (Wadhvani et al., 2012). Desta forma, deve ser utilizado um dispositivo paralelizador para se conseguir uma angulação correta entre o feixe de raios X, o longo eixo do implante e a película radiográfica (Papavassiliou et al., 2010; Wadhvani et al., 2012).

A angulação do tubo de raios X ao longo eixo do implante é fulcral. Em estudos anteriores, verificou-se que espaços de 0,05 mm eram detetáveis em condições óptimas de paralelismo e tornavam-se obscurecidos quando havia uma angulação de 5° ou mais para o longo eixo do implante. Espaços de 0,1 mm podem ser facilmente verificados com uma angulação de 5°, sendo ainda reconhecíveis com angulações de 10° a 15°. Com angulações superiores, esses espaços não são reconhecidos. Por

último, espaços de 0,5 mm eram claramente vistos com uma angulação de 5° e eram facilmente diagnosticados com angulações entre os 1° e os 20°. Assim, se o objetivo for a verificação da adaptação dos vários componentes protéticos do implante, a angulação deve ser estritamente controlada (Papavassiliou et al., 2010; Wadhvani et al., 2012).

No plano horizontal se os raios X estiverem perpendiculares ao longo eixo do implante, as variações no sentido mesial e distal do cone não são importantes, se o espaço entre os componentes protéticos for uniforme. Este espaço será sempre detetável de qualquer ângulo. Na verdade, sabendo a angulação do implante, as angulações verticais do cone são muito mais críticas para a detecção do espaço entre esses componentes (Wadhvani et al., 2012).

Como já foi referido, o posicionamento da fonte de raios X perpendicularmente ao longo eixo do implante é muito importante para a avaliação da discrepância entre os componentes protéticos e uma forma de avaliar se esse posicionamento se encontra correto é avaliando o padrão de roscas do implante. Assim, se o padrão de roscas do implante é fácil e prontamente visto, então o espaço entre os componentes protéticos também será mais provavelmente visualizado. Pelo contrário, se o padrão de roscas não aparece fora de foco ou difuso, isto é, sem as bordas afiadas e os espaços entre elas facilmente identificável, a probabilidade de visualizarmos a discrepância pilar-implante também será menor (Wadhvani et al., 2012).

Existe ainda uma situação específica em que o componente protético apenas se relaciona com o implante na sua periferia, o que pode dar a impressão de não haver um assentamento correto dos componentes ou que houve uma falha, o que seria um pensamento incorreto. Este efeito tem o nome de *peripheral eggshell effect* (Wadhvani et al., 2012).

Por último, deve adotar-se um protocolo que permita ao clínico ter a certeza de uma correta localização do pilar no implante e, também, que a coroa assenta de uma forma precisa nesse mesmo pilar. Se este protocolo não for adotado, pode haver falhas na detecção de erros resultantes do fabrico dos componentes protéticos ou no assentamento deficiente desses mesmos componentes (Wadhvani et al., 2012).

Radiografia digital vs Radiografia convencional

Um dos mais importantes e recentes avanços na radiologia dentária foi o aparecimento da radiografia digital que veio colmatar algumas lacunas e limitações da radiografia convencional. Na verdade, com o aparecimento desta evolução digital da radiografia, os procedimentos protéticos e cirúrgicos em Implantologia foram simplificados com eficiência aumentada. O primeiro sistema radiográfico digital foi introduzido por Trophy em 1987 e tem o nome de radiovisiografia (RVG) (Misch, 2015; Shah et al., 2014).

Assim, na radiografia digital a película radiográfica é substituída por um sensor de armazenamento sólido ou por um sistema de armazenamento de fósforo, sendo este responsável pela colheita dos dados. Segue-se a transformação dos mesmos em informação eletrónica por um *software* específico, aparecendo depois a imagem no monitor do computador. A radiografia digital pode ser aplicada aos meios radiográficos intra e extraorais (Misch, 2015; Shah et al., 2014; Shruthi et al., 2013).

A radiografia digital apresenta inúmeras vantagens que podem beneficiar grandemente o clínico em todo o processo da colocação do implante (pré, intra e pós-operatório). Pode destacar-se (Frederiksen, 1995; A. N. Kumar et al., 2014; Lingam et al., 2013; Misch, 2015; Nagarajan et al., 2014; Shah et al., 2014; Shruthi et al., 2013; Zdešar, Fortuna, Valantič, & Škrk, 2008):

1. Baixo tempo de processamento e possibilidade de visualizar a imagem mais rapidamente, sendo a principal vantagem em Implantologia e apresentando grande utilidade aquando da colocação dos implantes e na verificação protética dos componentes;
2. Redução da radiação utilizada entre 75-90% quando comparada à radiografia convencional, sendo um factor benéfico para o paciente;
3. O facto de oferecer imagens de grande resolução (ligeiramente superior à da radiografia convencional) e distorção mínima, fornecendo informações relativamente ao acesso pré-cirúrgico do local onde será colocado o implante e providencia medidas confiáveis do local a implantar pré-operatoriamente e fornece informações relativamente à osteointegração pós-operatoriamente;

4. O facto dos receptores de imagem serem mais rápidos que os analógicos e, por isso, necessitarem de menor radiação para formar uma imagem de diagnóstico, dispensando a existência de uma sala escura, de recipientes para os químicos utilizados e não estando sujeitos a erros de processamento derivados da utilização desses químicos;
5. Facilidade de armazenamento, recuperação e passagem para sítios remotos;
6. O facto de a imagem poder ser trabalhada sem ser necessário nova exposição à radiação por parte do paciente, sendo possível alterar as escalas de cinzento, o brilho, a nitidez, o contraste e a inversão e podendo ainda gerar imagens a cores que permitem uma melhor avaliação da imagem digital. Na verdade, actualmente, já existem *softwares* que permitem calibrar as imagens ampliadas e possibilitam, desta forma, a obtenção de medidas mais confiáveis;
7. O facto de as imagens poderem ser transferidas para outros clínicos sem que haja alteração da qualidade da imagem original;
8. Escala de cinzentos na ordem das 256 sombras de cinzento na radiografia digital, sendo bastante superior à escala de cinzentos da radiografia convencional (na ordem das 16 sombras de cinzento).

Contudo, a radiografia digital não apresenta apenas vantagens relativamente à convencional. De facto, existem algumas desvantagens que fazem com que alguns clínicos ainda prefiram o sistema convencional. Entre as desvantagens existentes, podem referir-se (Misch, 2015; Nagarajan et al., 2014; Shruthi et al., 2013; Vandenberghe, Jacobs, & Bosmans, 2010; Williamson, 2011; Zdešar et al., 2008):

1. O facto de a área ativa dos recetores de imagem diretos ser mais pequena que a da película, fazendo com que a área radiografada seja inferior à visualizada na película convencional apesar de apresentarem maior espessura. Como o recetor de imagem apresenta uma área ativa menor, a sua colocação para obtenção da imagem tem de ser bastante precisa, sendo que para clínicos mais inexperientes esta situação pode ser uma desvantagem. Na verdade, existe uma curva de aprendizagem na utilização da radiografia digital;
2. O facto dos recetores de imagem diretos serem mais espessos e existir o cabo de ligação, o que pode ser desconfortável para o paciente. Para além disso, o cabo de ligação pode constituir uma dificuldade aquando da tomada da radiografia intraoperatória na colocação do implante;

3. Aparecimento com alguma regularidade de artefactos fluorescentes, devido a sobrecarga ou sobreexposição dos recetores de imagem.

Subtração radiográfica digital

A subtração radiográfica digital é uma técnica radiográfica em que se obtêm duas radiografias nas mesmas condições de projeção geométrica e com os mesmos valores de exposição. Posteriormente, as intensidades dos pixels correspondentes vão ser subtraídas, originando-se uma diferença uniforme nas imagens. Se existir uma diferença entre a imagem da radiografia inicial e a do follow-up, esta vai-se manifestar como uma imagem mais clara se tiver havido um ganho (de estrutura dentária ou de osso); pelo contrário, se tiver havido uma perda (de estrutura dentária ou osso), a imagem vai aparecer mais escura. Na verdade, a subtração radiográfica digital anula o contexto anatómico complexo em que esta mudança ocorre e, deste modo, revela alterações muito subtis (Shruthi et al., 2013; Vandenberghe et al., 2010; White & Pharoah, 2014).

Recorrendo à técnica de subtração radiográfica, pode visualizar-se áreas de reabsorção óssea (ou deposição) que não seriam visíveis sem esta técnica. Torna-se óbvia a grande utilidade que esta técnica possui em follow-ups em Implantologia. Na verdade, a obtenção clínica de radiografias nas mesmas condições e a utilização da técnica de subtração radiográfica, aumenta bastante a precisão da deteção de perdas ósseas ao nível de crista óssea quando comparada com a visualização de radiografias convencionais (Lingam et al., 2013; Shruthi et al., 2013).

No entanto, para a subtração radiográfica digital ser útil, deve haver uma reprodução estrita das referências da geometria da projeção e intensidade de uma imagem para a outra, sendo que este requisito é muito difícil de conseguir clinicamente (White & Pharoah, 2014).

Radiografia Oclusal

A radiografia oclusal é um método imagiológico planar de alta resolução, que pode ser obtido posicionando a película radiográfica paralelamente ao plano oclusal e o cone de raios X perpendicular à mesma, no caso na mandíbula, ou obliquamente (45°), no caso do maxilar superior. A película fica em posição (superfícies oclusais e incisais dos dentes) pedindo ao paciente que morda gentilmente a mesma. Estruturas

como a cavidade nasal, o seio maxilar e o canal nasopalatino podem ser identificados através destas radiografias, no entanto a sua relação espacial com o local do implante perde-se com esta projeção na maior parte das vezes. A radiografia oclusal mandibular apresenta menor distorção que a maxilar devido à perda de perpendicularidade nesta última. No entanto, o rebordo alveolar mandibular alarga anteriormente e demonstra uma inclinação lingual posteriormente, produzindo uma imagem oblíqua e distorcida do processo alveolar mandibular, o que não tem grande utilidade em Implantologia (Bagchi & Joshi, 2012; Bagga et al., 2014; Kalra et al., 2010; Manisundar et al., 2014; Misch, 2015; Nagarajan et al., 2014; Shruthi et al., 2013).

Uma radiografia oclusal reproduz uma área do arco dentário que não consegue ser capturada numa radiografia periapical. Este meio radiográfico auxilia na localização de dentes supranumerários e impactados, bem como na identificação de corpos estranhos nos maxilares e sialólitos nas glândulas salivares (Shah et al., 2014; Shruthi et al., 2013).

As radiografias oclusais intraorais são capazes de reproduzir a quase totalidade do processo alveolar do maxilar superior e da mandíbula e possibilitam a determinação da maior dimensão vestibulo-lingual do rebordo alveolar. No entanto, uma verdadeira visualização da dimensão transversal no plano axial, sem sobreposições, só é possível no arco mandibular. Para além disso, possibilita uma alta definição de imagem, é barata, está rapidamente disponível e o paciente é sujeito a uma menor exposição de radiação comparativamente aos outros meios radiológicos que permitem obtenção de imagens de cortes transversais (Bagchi & Joshi, 2012; Bhoosreddy et al., 2013; Frederiksen, 1995; A. N. Kumar et al., 2014).

Uma vez que as radiografias periapicais são incapazes de reproduzir a dimensão transversal do osso, as radiografias oclusais são, por vezes, utilizadas para determinar a dimensão vestibulo-lingual do rebordo alveolar mandibular. No entanto, a dimensão determinada diz respeito à porção inferior do corpo da mandíbula e não à dimensão transversal da crista do rebordo alveolar, o que pode levar à impressão de que existe mais osso disponível do que aquele que realmente existe. A dimensão vestibulo-lingual da crista do rebordo alveolar é a informação diagnóstica relativamente à dimensão transversal que realmente interessa na colocação dos implantes. Este meio

radiográfico é ineficaz na visualização da extensão medial e lateral do osso cortical delineando o processo alveolar e da fossa da glândula sublingual (Bagchi & Joshi, 2012; Bagga et al., 2014; Bhoosreddy et al., 2013; Frederiksen, 1995; Kalra et al., 2010; Lingam et al., 2013; Manisundar et al., 2014; Misch, 2015; Monsour & Dudhia, 2008; White & Pharoah, 2014)

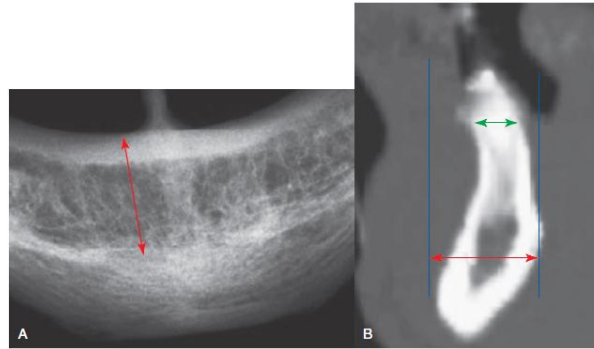


Figura 4 - Radiografia Oclusal. A - A radiografia oclusal fornece informação acerca da largura de osso na região anterior; B - No entanto, estas radiografias mostram a distância vestibulo-lingual mais larga (seta vermelha), sendo que a dimensão transversal na crista do rebordo alveolar é menor (seta verde) (Fonte – Misch, 2015)

Como limitações da radiografia oclusal, pode, ainda, citar-se a sua dificuldade de utilização no arco maxilar superior, devido à distorção dessa radiografia. Na verdade, a radiografia oclusal maxilar é oblíqua por natureza e, como tal, não pode ser utilizada como determinante da quantidade de osso nem permite determinar a geometria e mineralização do local recetor do implante (Bagchi & Joshi, 2012; Kalra et al., 2010; A. N. Kumar et al., 2014; Manisundar et al., 2014; Misch, 2015).

Para além das desvantagens já mencionadas, é de referir que o grau de mineralização do osso trabecular não consegue ser determinado e a relação espacial das estruturas anatómicas críticas (como, por exemplo, o canal mandibular e o orifício mentoniano) com o local recetor do implante perde-se com esta projeção radiográfica (Bagga et al., 2014; Bhoosreddy et al., 2013; Kalra et al., 2010; Lingam et al., 2013; Manisundar et al., 2014; Misch, 2015).

Este meio imagiológico tem reprodutibilidade limitada e a sobreposição de imagens é comum (Nagarajan et al., 2014).

A utilização da radiografia oclusal pode ser útil para avaliar a posição do implante imediatamente após a sua colocação no maxilar superior ou mandíbula (Lingam et al., 2013; Monsour & Dudhia, 2008).

A radiografia oclusal foi proposta como complemento da radiografia periapical na avaliação pré-operatória do local a receber o implante. Apesar de ser um bom meio auxiliar, não deixa de ser bidimensional. Permite a avaliação da largura do osso na sua porção mais larga e fornece informação generalizada acerca da densidade óssea. No entanto, a informação fornecida pela radiografia oclusal não acrescenta nada àquela fornecida pelos modelos de estudo e, como tal, a radiografia oclusal tem reduzida aplicação em Implantologia (Bhoosreddy et al., 2013; Manisundar et al., 2014; Misch, 2015; Monsour & Dudhia, 2008; Tyndall et al., 2012; White & Pharoah, 2014).

Telerradiografia de Perfil

As Telerradiografias de Perfil são radiografias orientadas do crânio e bidimensionais. O crânio é posicionado relativamente ao dispositivo de raios X e ao recetor de imagem, utilizando o cefalostato. Na verdade, o cefalostato vai ser colocado nos canais auditivos externos do paciente, possibilitando uma fixação do crânio. A telerradiografia de perfil é obtida com o plano sagital mediano do paciente orientado paralelamente ao recetor da imagem. Este meio radiográfico fornece informação acerca dos processos alveolares do maxilar superior e da mandíbula no plano sagital mediano (Bagchi & Joshi, 2012; Manisundar et al., 2014; Misch, 2015; Siu et al., 2010).

No entanto, sofrem habitualmente, cerca de 10% de ampliação (7-12%) com uma distância foco-objeto de 60 polegadas e uma distância objeto-película de 6 polegadas. A ampliação é uniforme se as distâncias foco-objeto e película-objeto forem as referidas. É possível visualizar toda a área maxilofacial na telerradiografia de perfil, estando presentes representações planares das relações anteroposteriores e verticais dos arcos mandibular e maxilar (Bagchi & Joshi, 2012; Bagga et al., 2014; Manisundar et al., 2014; Misch, 2015; White & Pharoah, 2014).

A Telerradiografia de Perfil fornece informação precisa do osso disponível na região sagital mediana do maxilar superior e da mandíbula e, desta forma, foi sugerida como meio complementar de diagnóstico na avaliação da região anterior dos maxilares para colocação de implantes. Na verdade, consegue medir-se a altura e largura do osso residual na linha média anterior do maxilar superior e da mandíbula, uma vez que é possível obter imagens transversais dessa região que podem ser calibradas para

fornecerem, com alguma precisão, essas medidas vestibulo-linguais e verticais do rebordo alveolar anterior residual. Isto acontece porque as grandes distâncias entre o foco e a película, utilizadas na telerradiografia de perfil, resultam numa imagem com ampliação reduzida. Para além disso, como a radiografia é obtida numa posição fixa (uma vez que o cefalostato é apoiado nos canais auditivos externos e permite a fixação do crânio), as estruturas da linha média apresentam uma ampliação uniforme, o que permite avaliações das posições dentoalveolares e angulações e dos arcos dentários. Possibilita, ainda, a avaliação da qualidade do osso no local onde, potencialmente, o implante será colocado, nomeadamente na avaliação do rácio entre o osso compacto e o osso esponjoso na região anterior da mandíbula (Frederiksen, 1995; Kumar et al., 2014; Manisundar et al., 2014; Monsour & Dudhia, 2008; Nagarajan et al., 2014; Siu et al., 2010; Tyndall et al., 2012; White & Pharoah, 2014).

Este meio imagiológico pode, também, ser usado para fornecer informações acerca de relação entre o maxilar onde serão colocados os implantes e os dentes ou prótese no arco maxilar oposto, a relação entre a crista do rebordo alveolar do maxilar superior e a parede inferior das fossas nasais ou dos seios maxilares e a posição do buraco mentoniano relativamente à região mais anterior do maxilar inferior (Frederiksen, 1995).

Com a cabeça do paciente numa posição padronizada, pode conseguir-se, através da Telerradiografia de Perfil, obter a dimensão vertical do processo alveolar no plano sagital. De facto, o corpo da mandíbula deve estar paralelo ao plano da película e, para tal, a cabeça do paciente deve sofrer uma ligeira rotação. A utilização deste meio imagiológico para medição de dimensões horizontais só é aplicável na região mediana anterior, uma vez que a imagem transversal dos maxilares só é obtida nesta região (Frederiksen, 1995).

“A Telerradiografia de Perfil é útil porque demonstra a geometria do processo alveolar nas regiões anteriores dos maxilares e a relação entre a cortical lingual e a anatomia esquelética do paciente.” (Bagchi & Joshi, 2012; Lingam et al., 2013; Manisundar et al., 2014; Misch, 2015; Nagarajan et al., 2014).

Uma imagem em corte transversal da mandíbula ou do maxilar superior pode ser visualizada na região dos caninos ou dos incisivos laterais superiores, se for aplicada uma ligeira rotação no cefalostato. A telerradiografia de perfil possibilita a

visualização da imagem transversal do processo alveolar e demonstra a relação espacial entre a oclusão e a estética e com a altura, largura, geometria e angulação do processo alveolar, apresentando vantagens nestes aspetos relativamente à radiografia periapical e à ortopantomografia. Para além disso, é mais preciso para a determinação da quantidade óssea que os outros métodos radiográficos referidos (Bagga et al., 2014; Manisundar et al., 2014; Misch, 2015).

Se a Telerradiografia de Perfil for utilizada concomitantemente com as radiografias periapicais, pode auxiliar na avaliação da inter-relação dos arcos maxilares, da proporção entre a coroa anterior e o implante, do posicionamento dos dentes anteriores da prótese, do perfil dos tecidos moles da face, do momento da força resultante e, ainda, da dimensão da perda óssea vertical (Manisundar et al., 2014; Misch, 2015).

Os tecidos moles da face também são visíveis na Telerradiografia de Perfil e, através da sua visualização, podem avaliar-se alterações de perfil após reabilitação protética. A radiografia deve ser obtida com a prótese colocada, se o paciente já possuir uma prótese dentária, uma vez que se podem obter informações pré-operatórias relativas à relação do maxilar superior e inferior (Bagga et al., 2014; Kumar et al., 2014; Siu et al., 2010; White & Pharoah, 2014).

“O equipamento para a Telerradiografia de Perfil está prontamente disponível e as imagens radiográficas são facilmente obtidas e com um custo reduzido” (Tyndall et al., 2012).

A Telerradiografia de Perfil fornece informação limitada acerca da área da sínfise e da inclinação e das dimensões vestibulo-linguais do osso alveolar na região anterior, não permitindo, assim, a obtenção de informação útil para o planeamento de implantes em regiões localizadas lateralmente ao plano sagital mediano. Para além disso, pode ser criada a ilusão de maior volume ósseo do que aquele que realmente existe, devido à presença das apófises genianas. Antes de colher osso da região da sínfise para aumento do volume do rebordo alveolar, deve-se avaliar a relação entre a cortical vestibular e as raízes dos dentes anteriores e largura de osso na região da sínfise (Manisundar et al., 2014; Misch, 2015; Nagarajan et al., 2014; Siu et al., 2010).

Entre as desvantagens da Telerradiografia de Perfil, podemos citar o facto de não ser útil na demonstração da qualidade do osso e apenas mostrar uma imagem transversal

do processo alveolar onde os raios do dispositivo de raios X é tangente a esse mesmo processo. Pode, ainda, referir-se o baixo poder de resolução da imagem e a sobreposição de estruturas anatómicas contralaterais. No entanto, através deste meio radiográfico pode conseguir-se uma importante ajuda no estabelecimento de um plano de tratamento de implantes, nomeadamente no paciente desdentado. Apesar das limitações inerentes a esta radiografia, esta pode ter alguma utilidade, na região anterior do plano sagital mediano, na colocação de implantes para reabilitação com sobredentaduras (Bagchi & Joshi, 2012; Kumar et al., 2014; Manisundar et al., 2014; Misch, 2015; Nagarajan et al., 2014; White & Pharoah, 2014).

A Telerradiografia oblíqua pode ser utilizada para fornecer medidas verticais reproduzíveis na mandíbula, no entanto é difícil prever a quantidade de ampliação neste tipo de radiografias, uma vez que o corpo da mandíbula não está situado à mesma distância da película que o centro de rotação do cefalostato. Assim, as medidas obtidas através deste meio radiográfico não se revelam de grande precisão (Lingam et al., 2013; Siu et al., 2010; White & Pharoah, 2014).

Deste modo, a Telerradiografia de Perfil é útil nas seguintes situações (Bagga et al., 2014; Misch, 2015):

1. Demonstrar a geometria do alvéolo na região anterior;
2. Relação da cortical lingual com a anatomia esquelética do paciente;
3. Determinar a largura e altura do osso na região da sínfise;
4. Relação da cortical vestibular e raízes dos dentes anteriores (antes de colheita de osso para aumento do volume do rebordo);
5. Verificar a proporção implante-coroa (anterior);
6. Analisar a posição dos dentes na prótese.

Ortopantomografia

A radiografia panorâmica tem sido amplamente utilizada na prática clínica, sendo que muitas das vezes não se tem grande consideração acerca dos princípios físicos nos quais esta técnica é baseada. Na verdade, este meio radiográfico é o único onde o foco de projeção do plano vertical e o controlo das dimensões verticais é diferente do do plano horizontal que, conseqüentemente, controla a dimensão horizontal. No plano vertical a fonte efetiva de projeção de raios X é o ponto focal do tubo de raios X,

enquanto no plano horizontal a fonte efetiva é o centro de rotação do feixe de raios X (Frederiksen, 1995).

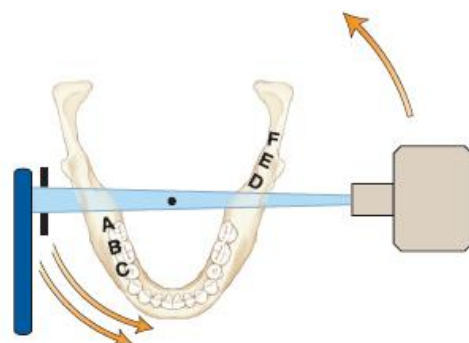


Figura 5 - Princípios básicos de funcionamento da Ortopantomografia (Fonte - White & Pharoah, 2014)

Na figura pode observar-se a fonte de raios X e o recetor de imagem numa fase inicial de um ciclo de exposição. Existe um colimador de chumbo em forma de ranhura na fonte de raios X responsável por formar um feixe de raios X vertical e estreito. O outro colimador entre as estruturas a radiografar e o recetor da imagem vai ser responsável por evitar a dispersão da radiação dos objetos para o recetor de imagem. O centro de rotação encontra-se ao lado do arco, longe dos objetos que serão radiografados. A fonte de raios X está regulada para se mover com a mesma taxa de movimento que o recetor de imagem, atingindo as estruturas dentoalveolares mais próximas a esse mesmo recetor de imagem (A, B e C), sendo que essas estruturas vão aparecer bastante nítidas na radiografia. Para além disso, como a distância da fonte de raios X ao recetor de imagem é constante e a distância de cada objeto ao recetor é a mesma para cada objeto, todos os objetos são igualmente ampliados nesta zona do arco. As estruturas do lado oposto do paciente (D, E e F), mais próximas da fonte de raios X, vão aparecer distorcidas e desfocadas, pois o feixe de raios X vai varrer essas estruturas movendo-se na direção oposta à do movimento do recetor de imagem. Para além disso, como esses objetos se encontram tão próximos da fonte de raios X vão aparecer bastante ampliados, ao ponto de, por vezes, eles podem ter os bordos tão desfocados que não são distinguidos na radiografia. Os dispositivos da radiografia panorâmica utilizam, atualmente, vários centros de rotação em vez de múltiplas localizações fixas. Assim, otimiza-se a forma do corredor focal para revelar melhor os dentes e osso de suporte (White & Pharoah, 2014).

As técnicas imagiológicas em Implantologia devem ser capazes de fornecer informação acerca das estruturas anatómicas normais em todas as perspetivas, possíveis patologias no local a implantar, documentação do tratamento e pós-operatória, informação diagnóstica e de fornecer possíveis acessos cirúrgico ao local potencialmente recetor do implante. A maioria desta informação pode ser obtida através da Ortopantomografia, que fornece informação geral importante da dentição e dos maxilares (Bhoosreddy et al., 2013; Monsour & Dudhia, 2008).

A Ortopantomografia corresponde a uma tomografia bidimensional curvada do terço inferior da face de espessura e ampliação variável, obtida através de uma fonte de raios X em rotação. São tomografias com um feixe rotacional estreito, com dois ou mais centros de rotação com um corredor focal predefinido, que permitem a visualização de ambos os maxilares, da metade inferior dos seios maxilares e das articulações temporo-mandibulares numa única imagem (Angelopoulos & Aghaloo, 2011; Bagchi & Joshi, 2012; Bagga et al., 2014; Liang, Kim, & Cho, 2014; Manisundar et al., 2014; Nagarajan et al., 2014; Siu et al., 2010; White & Pharoah, 2014).

Para além disso, fornecem, ainda, informação útil e limitada relativamente a estruturas anatómicas como o canal alveolar inferior, os seios maxilares, as fossas nasais e o buraco mentoniano (Liang et al., 2014).

Na ortopantomografia o dispositivo de raios X e o recetor de imagem rodam em torno da cabeça do paciente, com um corredor focal predefinido, sendo que as imagens presentes nesse corredor são claramente visíveis, enquanto os objetos fora desse corredor focal se encontram desfocados (Angelopoulos & Aghaloo, 2011; White & Pharoah, 2014)

A Ortopantomografia tornou-se um meio complementar de diagnóstico bastante útil e popular desde a sua introdução em 1950. É o método auxiliar de diagnóstico mais utilizado em Medicina Dentária a seguir à radiografia periapical. De facto, é o meio radiográfico que fornece mais informação acerca dos maxilares e, ao mesmo tempo, emite uma pequena quantidade de radiação. Comparativamente à TC é barata, de fácil obtenção e apresenta menor dose de radiação. A dose de radiação de uma ortopantomografia, utilizando tecnologia analógica é, aproximadamente, 0,007 mSv

(Bagchi & Joshi, 2012; Bagga et al., 2014; Kalra et al., 2010; Manisundar et al., 2014; Monsour & Dudhia, 2008; Shah et al., 2014).

No passado, a radiografia panorâmica era o meio imagiológico mais utilizado para a colocação de implantes, mas verificou-se que não era o meio mais indicado como imagem quantitativa pré-operatória (Misch, 2015).

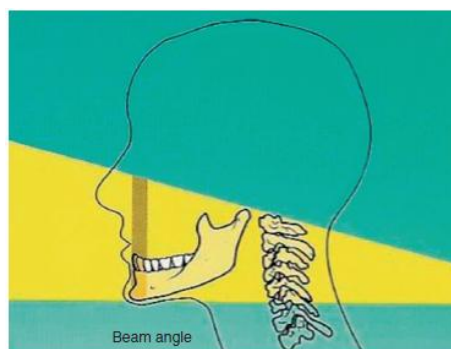


Figura 6 - Todas as ortopantomografias apresentam uma angulação negativa de aproximadamente 8 graus, conferindo ampliação inerente à técnica radiográfica (Fonte - Adaptado de Misch, 2015)

A fonte de raios X expõe os maxilares com uma angulação vertical negativa (7-8%) relativamente ao plano oclusal. Este princípio da Ortopantomografia faz com que haja uma representação imprecisa da relação entre o bordo inferior das fossas nasais e dos seios maxilares com a crista do rebordo alveolar no maxilar superior. Já na mandíbula, a fonte de raios X está orientada mais perpendicularmente ao longo eixo vertical do processo alveolar, sendo que isto ocorre devido à inclinação lingual desse mesmo processo em posterior e do corpo da mandíbula anteriormente. Na verdade, as estruturas anatómicas que se localizam numa posição mais lingual são projetadas numa posição mais superior e esta situação leva a que haja uma impressão de maior quantidade de osso na dimensão vertical para a colocação do implante, quando, na realidade, tal não se verifica. Também em casos de tórus mandibulares (normalmente, localizados na região lingual da mandíbula), existe uma falsa impressão de maior quantidade de osso no sentido vertical, uma vez que a imagem radiográfica do tórus aparece por cima da crista do rebordo alveolar, dando essa mesma impressão de maior altura óssea. Esta angulação vertical negativa é também responsável pela ampliação inerente à radiografia panorâmica. A ampliação horizontal não é uniforme e não pode ser calculada uma vez que a distância do paciente ao ponto focal ou objeto varia e devido à posição relativa do centro de rotação do ortopantomógrafo. As estruturas anatómicas vão sofrer maior ampliação quando a distância objeto-fonte de raios X for menor e quando a distância objeto-película for maior. Já as estruturas anatómicas

localizadas obliquamente relativamente ao local que irá receber o implante, aparecem mais ampliadas quando estão mais distantes do recetor de imagem e menos ampliadas quando estão mais próximas. Foram realizados estudos clínicos que verificaram a existência de ampliações variáveis na ordem dos 15-220% (Frederiksen, 1995; Misch, 2015; White & Pharoah, 2014).

Os cortes obtidos pelos vários ortopantomógrafos são diferentes em espessura, sendo que essa espessura também varia consoante a região da cavidade oral. Devido aos princípios básicos da obtenção de imagem radiográfica panorâmica (como, por exemplo, a angulação negativa), esta sofre de ampliação variável (0,7-2,2 vezes), não sendo a mesma no plano horizontal e vertical, sendo que alguns fabricantes reportam como sendo 1,25 vezes em média no plano central da superfície da imagem. A ampliação vertical apresenta uma relativa consistência com a profundidade do objeto a radiografar, uma vez que a distância foco-filme permanece constante. A ampliação horizontal apresenta grande variação devido ao facto da distância do centro de rotação ao recetor de imagem estar constantemente a mudar e devido à constante mudança da taxa de movimento do recetor relativamente ao feixe de raios X. Como resultado, dimensões verticais e horizontais obtidas da radiografia panorâmica podem não só ser irreais numa região específica dos maxilares, como também podem ser inconsistentes entre diferentes localizações nesses arcos dentários. Assim, descreve-se uma ampliação da imagem na Ortopantomografia até mais de 25% (25-30%), sendo que 16% da ampliação é verificada no sentido horizontal e 10% no sentido vertical. Para além disso, a ampliação faz-se sentir mais nas zonas posteriores do que nas zonas anteriores (Angelopoulos & Aghaloo, 2011; Bhoosreddy et al., 2013; Frederiksen, 1995; Misch, 2015; Mupparapu & Singer, 2004; Nagarajan et al., 2014; Siu et al., 2010; White & Pharoah, 2014).

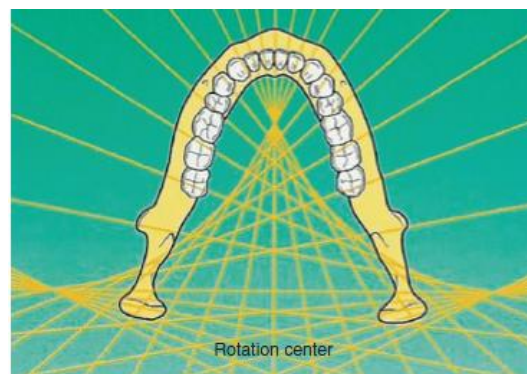


Figura 7 - Devido à curvatura do arco dos maxilares, a radiografia panorâmica apresenta centros de rotação em constante mudança (Fonte - Adaptado de Misch, 2015)

As ampliações horizontais e verticais são iguais apenas quando os arcos dentários estão corretamente posicionados numa região específica que está presente numa zona curvada tridimensional chamada plano central da superfície da imagem ou corredor focal, que corresponde à curva dos arcos dentários no paciente comum. As imagens visualizadas nesta região sofrem ampliação uniforme e são as que se apresentam mais nítidas. As imagens localizadas fora do corredor focal apresentam-se ampliadas ou reduzidas em tamanho, desfocadas ou distorcidas ao ponto de, por vezes, não ser possível a sua identificação, sendo que a severidade desta ampliação e distorção prende-se com a distância ao plano central da superfície da imagem. Na verdade, as estruturas localizadas lingualmente ao plano central da superfície da imagem encontram-se ampliadas, enquanto as imagens de estruturas presentes numa posição facial relativamente ao corredor focal apresentam-se diminuídas. A severidade da distorção das medidas horizontais é difícil de determinar, visto que a forma e largura do corredor focal é predefinida para uma média populacional e varia com os ortopantomógrafos utilizados. O corredor focal na radiografia panorâmica é relativamente espesso, apresentando 20 mm de espessura na região posterior e 6 mm na região anterior (Angelopoulos & Aghaloo, 2011; Bhoosreddy et al., 2013; Misch, 2015; Siu et al., 2010; White & Pharoah, 2014).

Esta limitação da Ortopantomografia pode levar a problemas na prática clínica, uma vez que apenas alguns pacientes apresentam as características dentro da média populacional utilizada para predeterminar a forma do corredor focal e outros apresentam uma grande dificuldade de posicionamento. Na verdade, o posicionamento de pacientes com a dentição completa é mais fácil do que o correto posicionamento de pacientes desdentados, visto que existe uma guia incisal que ajuda a situar o plano central da superfície da imagem anteriormente. Assim, nos pacientes desdentados é preferível obter a radiografia panorâmica com as próteses colocadas, de modo a tirar proveito da guia incisal. O facto de o paciente ter as próteses colocadas é ainda importante para obter a relação entre o maxilar que irá receber a prótese com o osso do maxilar oposto (Frederiksen, 1995; White & Pharoah, 2014).

O posicionamento ótimo do paciente é crucial, uma vez que é fácil ocorrer pequenas alterações de posicionamento dos maxilares, nomeadamente em pacientes edêntulos. Só desta forma é que se consegue usufruir das vantagens da ortopantomografia. As principais vantagens descritas da radiografia panorâmica são o facto de

(Angelopoulos & Aghaloo, 2011; Bagchi & Joshi, 2012; Bagga et al., 2014; Bhoosreddy et al., 2013; Kalra et al., 2010; A. N. Kumar et al., 2014; Manisundar et al., 2014; Misch, 2015; Mupparapu & Singer, 2004; Nagarajan et al., 2014; Shah et al., 2014; Siu et al., 2010):

1. Se conseguir fazer uma avaliação inicial da altura vertical do osso crestal;
2. Ser um método radiográfico capaz de ser obtido rápida e facilmente, com conveniência e pouca exposição de radiação (características que a tornam num meio imagiológico bastante apreciado na prática clínica);
3. Existir facilidade de identificação de pontos de referência opostos e, desta forma, permitir a comparação de estruturas contralaterais;
4. Possibilitar o acesso ao osso alveolar crestal e aos limites corticais;
5. Permitir avaliação grosseira da anatomia dos maxilares e quaisquer achados patológicos relacionados. De facto, é uma técnica útil para avaliar o osso alveolar e os dentes remanescentes, a localização das estruturas anatómicas vizinhas (canal alveolar inferior, seios maxilares e fossas nasais) e averiguar a presença de patologia óssea, permitindo ainda avaliar a presença de raízes residuais no local que irá receber o implante;
6. Permitir a visualização de dentes impactados e fracturas mandibular ou do maxilar;
7. Permitir a completa visualização da relação entre as estruturas maxilofaciais presentes no plano central da superfície da imagem (ou corredor focal);
8. Fornecer informação acerca da posição relativa do canal alveolar inferior e acerca dos seus limites corticais, dos seios maxilares e das fossas nasais quanto à crista do rebordo alveolar.

No entanto, a Ortopantomografia apresenta várias limitações na avaliação pré e pós-operatória dos maxilares que podem ser categorizadas em dois grupos: as limitações inerentes à técnica ou as limitações derivadas de erros de posicionamento de doentes. Trata-se de uma imagem achatada e estendida de estruturas curvas, resultando em distorção imprevisível das estruturas e da sua relação espacial. Apresenta baixa reprodutibilidade e é impossível verificar a morfologia e densidade do tecido ósseo devido às distorções variáveis que ocorrem nas diferentes partes da radiografia. A radiografia panorâmica é uma representação bidimensional de estruturas tridimensionais e, conseqüentemente, não fornece a dimensão vestibulo-lingual das

estruturas maxilofaciais nem a inclinação do rebordo alveolar e, portanto, não é adequada para avaliação da largura do osso. Por vezes, pode parecer que existe osso suficiente para a instalação do implante baseado na evidência radiográfica panorâmica, mas, na verdade, este osso pode não ser suficiente para a colocação de um implante quando se visualiza o rebordo num corte transversal (Angelopoulos & Aghaloo, 2011; Bagchi & Joshi, 2012; Bhoosreddy et al., 2013; Frederiksen, 1995; Misch, 2015; Monsour & Dudhia, 2008; Nagarajan et al., 2014; Shiki et al., 2014; Siu et al., 2010; White & Pharoah, 2014).

Como referido anteriormente, a radiografia panorâmica apresenta ampliação variável na ordem dos 10-30% (podendo ser mais variável se existirem erros de posicionamento) e esta pode variar dentro da mesma imagem radiográfica. Na verdade, devido a esta ampliação variável e ao facto de não demonstrar a dimensão vestibulo-lingual do rebordo alveolar, a Ortopantomografia pode ser enganadora na quantificação dimensional do local recetor do implante, nomeadamente na determinação da altura óssea e da largura da crista alveolar, respetivamente. As medidas lineares não conseguem ser obtidas, com precisão, a partir deste meio radiográfico (ao contrário das medidas angulares). Algumas empresas que confeccionam implantes fornecem informação para se ter em conta uma ampliação de 25% quando se coloca o implante junto ao local potencialmente recetor do implante na radiografia panorâmica para comparação com a localização de estruturas anatómicas vitais. No entanto, este método não deve ser utilizado como avaliação pré-cirúrgica do local a implantar. Um estudo de 1989 de Klinge revelou que apenas 17% das medidas obtidas desde a crista do rebordo alveolar até ao bordo mais superior do canal mandibular estavam corretas com um desvio padrão de 1 mm. Para além disso, as avaliações das dimensões mesio-distais revelam-se imprecisas, devido a erros de posicionamento do paciente ou variações individuais na curvatura do maxilar. Já as medidas verticais também não são confiáveis, sofrendo de alongamento ou encurtamento, uma vez que o feixe de raios X não é perpendicular nem ao longo eixo das estruturas anatómicas nem ao recetor de imagem (Angelopoulos & Aghaloo, 2011; Bagchi & Joshi, 2012; Bagga et al., 2014; Boyce & Klemons, 2015; Frederiksen, 1995; Klinge, Petersson & Maly, 1989; Liang et al., 2014; Manisundar et al., 2014; Misch, 2015; Monsour & Dudhia, 2008; Siu et al., 2010; White & Pharoah, 2014).

Apesar de possibilitar a visualização de algumas estruturas anatómicas críticas (embora seja uma informação de valor limitado), a relação espacial das estruturas anatómicas vizinhas ao local de interesse não é passível de ser obtida com precisão, mostrando 10% de ampliação. Para além disso, não demonstra a mineralização e qualidade óssea (Angelopoulos & Aghaloo, 2011; Bagchi & Joshi, 2012; Bagga et al., 2014; Manisundar et al., 2014; Misch, 2015; Monsour & Dudhia, 2008; Nagarajan et al., 2014)

Pode ainda referir-se como desvantagem da Ortopantomografia o facto das imagens da região maxilar e mandibular anterior aparecerem desfocadas e o facto deste meio radiográfico apresentar imagens com qualidade inferior, pois utiliza o ecrã intensificador para reduzir a dose de radiação. Na verdade, a radiografia panorâmica apresenta baixa resolução comparativamente à radiografia periapical e pouca definição. Estes fatores bem como a forma do rebordo alveolar e o modo de operação da Ortopantomografia, aliados ao facto de não demonstrar a dimensão transversal, fazem com que haja uma falsa percepção de maior quantidade de osso entre a crista alveolar e o canal alveolar inferior, os seios maxilares ou as fossas nasais. Para além disso, a precisão da imagem é altamente dependente do operador e varia bastante com o posicionamento do paciente. O posicionamento errado do paciente pode contribuir ainda mais para a distorção de imagem no sentido horizontal, sendo que, com conhecimento, a maioria dos erros de posicionamento podem ser corrigidos (Bhoosreddy et al., 2013; Kumar et al., 2014; Misch, 2015; Monsour & Dudhia, 2008; Mupparapu & Singer, 2004; Shah et al., 2014; Siu et al., 2010; White & Pharoah, 2014).

A sobreposição de estruturas, a presença de imagens fantasma e a visualização de sombras dos tecidos moles podem influenciar negativamente a interpretação deste meio radiográfico. Os tecidos moles do seio maxilar não conseguem ser visualizados neste meio radiológico (Monsour & Dudhia, 2008; Shiki et al., 2014).

A região maxilar anterior edêntula apresenta uma posição oblíqua relativamente ao recetor da imagem e revela-se como a região mais difícil de avaliar devido à inclinação do osso e à curvatura do alvéolo, sendo que não se conseguem obter medidas confiáveis em estruturas inclinadas na Ortopantomografia (Misch, 2015; Shah et al., 2014).



Figura 8 - Ortopantomografia obtida com esferas metálicas fixadas em cera nos espaços edêntulos (Fonte - Lingam et al., 2013)

A Ortopantomografia (mesmo em situações de correto posicionamento do doente e de exposição radiográfica bem estabelecida) não pode ser utilizada para obter medidas lineares do osso diretamente, não sendo suficiente para a colocação de implantes. Assim, a solução pode passar por predeterminar um fator de ampliação para a área a implantar, obtendo, desta forma, medidas lineares no sentido vertical (as medidas no sentido mesio-distal são imprecisas devido à distorção e nunca se conseguem obter medidas no sentido transversal). Na verdade, a predeterminação de um fator de ampliação para a área-alvo pode ser conseguida através da utilização de splints de diagnóstico com rolamentos de esferas radiopacas de 5 mm numa estrutura acrílica e, em seguida, radiografar o paciente. As esferas radiopacas vão aparecer na radiografia e, deste modo, só tem de se comparar o diâmetro radiográfico dessas esferas com o seu diâmetro real, obtendo, desta forma, o fator de ampliação da área a implantar. Esta foi também uma forma descoberta pelos clínicos para ultrapassar algumas limitações reconhecidas à Ortopantomografia e para corrigir alguns erros, uma vez que este é um meio imagiológico bastante popular na prática clínica (Angelopoulos & Aghaloo, 2011; Bagchi & Joshi, 2012; Bagga et al., 2014; Bhoosreddy et al., 2013; Frederiksen, 1995; A. N. Kumar et al., 2014; Lingam et al., 2013; Misch, 2015; Mupparapu & Singer, 2004).

Segundo estudos clínicos prospetivos de 2007 e de 2010, a Ortopantomografia pode ser suficiente para a avaliação da altura óssea em implantes mandibulares posteriores quando uma margem de segurança de, pelo menos, 2 mm é respeitada (uma vez descoberto o fator de ampliação). Os implantes que estão totalmente submersos no osso são os que apresentam maior semelhança com o fator de ampliação (126% para os 125% do fator de ampliação), sendo que os implantes não submersos apresentam a maior taxa de ampliação, pois apresentam um componente transmucoso que pode

levar a valores sobrestimados. Verificou-se, ainda, uma concordância inter-observador na análise das radiografias panorâmicas digitais (Park, 2010; Lydia Vazquez, Saulacic, Belser, & Bernard, 2008).

Segundo alguns estudos, em alguns casos, pode dispensar-se os métodos imagiológicos que forneçam informação da dimensão transversal da mandíbula, visto que existem outros métodos clínicos para avaliar a largura da mesma. Na verdade, a largura do rebordo e a presença de estrangulações linguais podem ser avaliadas por exame manual superficial das superfícies ósseas. Também se verificou que a determinação da altura óssea não variava assim tanto da tomografia linear ou em espiral para a radiografia panorâmica (Lydia Vazquez et al., 2008).

Em 2011, corroborou-se que a radiografia panorâmica é um método barato, acessível e com baixa radiação, revelando-se bastante útil no fornecimento preciso (através das técnicas calibradoras referidas) de informação relativa à dimensão vertical do rebordo. No entanto, não fornece qualquer informação relativamente à informação transversal. Em casos em que as estruturas anatómicas de maior importância não são visualizadas deve optar-se pela Tomografia Computorizada (Kim, Park, Kim, Kim, & Kim, 2011).

Já segundo um estudo de 2013, as medidas verticais obtidas através deste método apresentam confiabilidade e reprodutibilidade quando é utilizado um sistema de calibração de medidas baseado num *software*, confirmando, desta forma, que a Ortopantomografia digital pode ser utilizada para calcular o comprimento do implante na região dos molares e pré-molares mandibulares (L. Vazquez et al., 2013).

É importante localizar o trajeto do nervo alveolar inferior, uma vez que, na colocação de implantes mandibulares posteriores, a alteração da sensibilidade do lábio inferior por lesão deste mesmo nervo, é uma das complicações mais problemáticas deste tipo de cirurgia (Kim et al., 2011). Uma técnica para avaliação na Ortopantomografia de implantes mandibulares posteriores e comparação com a avaliação clínica durante a cirurgia foi desenvolvida, sendo que tem de se identificar o buraco mentoniano e a continuação posterior do canal alveolar inferior. A medida é feita com uma régua desde a crista alveolar até à posição apical predeterminada do implante, até ao bordo superior do canal alveolar inferior ou até ao bordo inferior do seio maxilar no caso do maxilar superior em zonas posteriores (Lingam et al., 2013; Misch, 2015). No

entanto, estudos demonstraram que 30% das vezes o buraco mentoniano não é visível e, quando o é, pode não ser identificado corretamente (Misch, 2015).

Também o canal alveolar inferior nem sempre aparece precisamente representado na radiografia panorâmica e, quando aparece, a sua relação com o rebordo alveolar pode estar distorcida. De facto, se o canal alveolar inferior estiver, anatomicamente, numa posição mais lingual no corpo da mandíbula, vai aparecer numa posição mais alta na Ortopantomografia, dando impressão de existir menor distância de osso do bordo superior do canal alveolar inferior até à crista do rebordo alveolar do que aquela que realmente existe. Assim, num canal lingualmente posicionado, a radiografia panorâmica pode fornecer a informação de que não existe altura de osso suficiente para a colocação de um implante, quando, na realidade, essa altura de osso está presente (Monsour & Dudhia, 2008).

Para além disso, o feixe vaso-nervoso do canal alveolar inferior nem sempre está rodeado pelo revestimento cortical compacto em todos os pacientes. Pode ainda ser de difícil visualização em patologias como a doença de Gaucher e, em alguns pacientes, ocorre um adelgaçamento da cortical do canal alveolar inferior, uma vez que, com o avançar da idade, a densidade óssea torna-se menor. Esta diminuição da densidade óssea pode estar relacionada com a menopausa e, como tal, a reabsorção do bordo superior do canal dentário é verificada com maior frequência em pacientes do sexo feminino (Lydia Vazquez et al., 2008).

Como regra geral, adotou-se a postura de que se o canal dentário inferior é de quase impercetível visualização na Ortopantomografia obtida de um modo correto, então será, também, de difícil, mas não impossível, visualização utilizando outras técnicas radiográficas (Monsour & Dudhia, 2008).

A avaliação da altura do osso para a colocação de implantes pode ser feita recorrendo à seguinte fórmula (Lingam et al., 2013):

$$\frac{DRE}{DOE} = \frac{AOR}{AOO}$$

Sendo que:

- DRE = Diâmetro Real da Esfera
- DOE = Diâmetro da Esfera na Ortopantomografia

- AOR = Altura Óssea Real disponível para a colocação do implante, desde a crista óssea alveolar até ao ponto de referência predefinido
- AOO = Altura Óssea disponível para a colocação do implante medida na Ortopantomografia

Deste modo:

$$\frac{DRE \times AOO}{DOE} = AOR$$

Quando temos em conta, a ampliação de, aproximadamente, 25% da Ortopantomografia, é possível categorizar os pacientes em três grandes grupos (Misch, 2015):

1. Existe claramente dimensão óssea vertical para a colocação de um implante. Neste grupo, a colocação do implante pode ser realizada, no entanto a radiografia panorâmica não fornece informação acerca da angulação nem da largura. É melhor descolar os tecidos e visualizar localmente os pontos de referência (como, por exemplo, o buraco mentoniano) quando se for realizar a cirurgia. Outra opção é pedir meios adicionais imagiológicos, de modo a obter informação relativamente à inclinação e à largura do osso.
2. Não existe altura óssea suficiente para a colocação de um implante. Nesta categoria, os pacientes poderão necessitar de aumento de osso ou outros procedimentos cirúrgicos ao invés da colocação do implante num local com um prognóstico desfavorável.
3. Não há certeza se é possível ou não a colocação de um implante, tendo em conta a dimensão do osso existente. Nesta categoria, é necessário meios adicionais para avaliação do paciente, optando depois pela opção do implante, se for viável, ou então fazendo uma cirurgia de aumento ósseo, se se verificar que não existe osso suficiente.

Posto isto, as radiografias panorâmicas não são sempre totalmente úteis para avaliação da colocação de implantes, uma vez que apresentam sobreposição na região dos pré-molares, ampliação variável e artefactos nos tecidos duros e moles. Na verdade, apesar da sua popularidade e de fornecerem uma informação geral da região dos maxilares e do terço inferior da face, estas radiografias não podem ser utilizadas como único meio imagiológico para avaliação da potencial colocação de implantes

devido à ampliação desigual, erros de projeção e, principalmente, à falta da dimensão transversal. De facto, pode e deve ser utilizado em conjunto com outros meios radiográficos, nomeadamente a tomografia convencional ou computadorizada, de modo a permitir uma melhor avaliação do local recetor do implante. A Ortopantomografia é amplamente utilizada para a avaliação pré-cirúrgica do paciente desdentado total e avaliação morfológica antes da reabilitação com prótese total removível e implantes osteointegrados. Embora seja uma técnica que auxilia em avaliações preliminares de locais potencialmente recetores de implantes específicos, este meio radiográfico consome tempo e múltiplas avaliações de potenciais locais recetores de implantes inter ou intra-arco requerem múltiplas exposições. No entanto, este meio radiográfico é bastante útil na avaliação diagnóstica preliminar do paciente, devido às inúmeras vantagens referidas anteriormente. Deve ser auxiliado por outras técnicas imagiológicas mais avançadas no que diz respeito à determinação precisa da quantidade e qualidade do osso disponível e à determinação da dimensão transversal do rebordo (Angelopoulos & Aghaloo, 2011; Frederiksen, 1995; Liang et al., 2014; Lingam et al., 2013; Shruthi et al., 2013; Siu et al., 2010; Tyndall et al., 2012).

Tomografia Convencional

A Tomografia é um termo genérico formado pelas palavras gregas “tomos” que significa corte e “graphos” que significa imagem, tendo sido adotada em 1962 pela Comissão Internacional de Unidades e Medidas Radiológicas para descrever todas as formas de radiografia que representam uma secção do corpo. Estas técnicas radiográficas permitem a visualização de uma secção anatómica do paciente, diluindo as estruturas anatómicas localizadas acima e abaixo da região de interesse (Bagga et al., 2014; Bhoosreddy et al., 2013; Kalra et al., 2010; Manisundar et al., 2014).

Cortes tomográficos de 1-2 mm permitem uma correta visualização do local potencialmente recetor do implante e quantidade de osso alveolar disponível para a colocação do implante. Na verdade, os dispositivos tomográficos produzem cortes transversais de cerca de 1 mm, revelando-se bastante úteis para a avaliação pré e pós-implante (Bagga et al., 2014; Lingam et al., 2013; Monsour & Dudhia, 2008).

As imagens são produzidas com uma ampliação constante e conhecida, pelo que podem ser obtidas medidas precisas, recorrendo a uma régua especial fornecida com

uma escala específica ou, nos casos de radiografia digital, utilizando o programa de medições calibrado (Lingam et al., 2013; Monsour & Dudhia, 2008).

Na Tomografia a fonte de raios X e a película encontram-se ligados por uma barra chamada barra de fulcro que gira em torno de um ponto denominado fulcro. Quando é fornecida energia ao sistema, o tubo de raios X move-se numa direção e a película na direção oposta, sendo que ambos giram em torno do fulcro. O ponto de fulcro permanece estacionário e vai ser ele a decidir a secção ou camada de interesse. São produzidos diferentes cortes tomográficos quando a posição do fulcro é alterada ou quando a posição do paciente relativamente a este ponto de apoio é modificada em sistemas de geometria fixa (Bagchi & Joshi, 2012; Kalra et al., 2010).

As imagens tomográficas sofrem sempre de uma ampliação constante devido à relação existente entre o foco e o recetor de imagem e o recetor de imagem e o objeto. Uma vez que todas as estruturas anatómicas presentes num corte tomográfico estão a mesma distância entre o foco e o recetor de imagem, a ampliação será constante. O fator de ampliação depende da relação entre as distâncias foco-recetor de imagem e objeto-recetor de imagem (Siu et al., 2010).

Na Tomografia Convencional, a visualização precisa das estruturas anatómicas no plano focal (ao mesmo tempo que dilui as estruturas localizadas fora desse plano) pode ser conseguida através de vários tipos de movimentos que podem ser utilizados pelo tubo de raios X e o recetor de imagem. Entre os movimentos existentes podemos destacar: linear (sendo este o mais simples), elíptico, espiral, circular, hipocicloidal, entre outros. Os movimentos mais utilizados são os complexos como, por exemplo, o espiral e o hipocicloidal. Na verdade, as imagens obtidas por tomografias que utilizam movimentos mais complexos apresentam, normalmente, maior nitidez que as imagens obtidas pela Tomografia Linear Simples (Bagchi & Joshi, 2012; Lingam et al., 2013; Manisundar et al., 2014; Monsour & Dudhia, 2008; Nagarajan et al., 2014; Vandenberghe et al., 2010).

A espessura de cada corte na Tomografia Linear está relacionada com o ângulo de rotação do tubo de raios X. Se o ângulo for pequeno e o caminho do tubo de raios X for curto, os cortes vão ser relativamente espessos. Pelo contrário, se o ângulo for maior, os cortes serão mais finos. Assim, com base nestas características da

Tomografia Linear, podemos dividi-la em dois grupos: a tomografia de grande ângulo e a tomografia de ângulo estreito (Manisundar et al., 2014).

O movimento linear é um movimento numa única dimensão e, como tal, provoca diluição das estruturas adjacentes ao plano focal numa única dimensão, produzindo artefactos em riscas. Os movimentos complexos, como o elíptico, o espiral, o circular e o hipocicloidal, são movimentos em duas dimensões do tubo de raios X e da película, produzindo, desta forma, uma desfocagem uniforme das estruturas localizadas fora do plano focal e fazendo-se sentir menos o efeito desses artefactos. Na verdade, a qualidade de diagnóstico da imagem tomográfica prende-se com o tipo de movimento, com a espessura da secção e com o grau de ampliação. O movimento hipocicloidal é, geralmente, o movimento mais eficaz. A ampliação varia entre os 10 e os 30% e quanto maior a ampliação, maior a qualidade de imagem (pois a ampliação é constante). Outra situação que torna a tomografia de movimentos complexos preferível é que a maioria dos dispositivos que utiliza este tipo de movimentos é auxiliada por um computador, sendo também chamada de tomografia assistida por computador. Esta última tem vindo a tornar-se popular em Implantologia e para visualização da ATM (Bhoosreddy et al., 2013; Kalra et al., 2010; Manisundar et al., 2014; Siu et al., 2010).

A tomografia convencional utilizando movimentos complexos do tubo de raio X e do recetor de imagem apresenta bastantes vantagens relativamente aos métodos radiográficos bidimensionais descritos anteriormente. Entre as vantagens existentes da tomografia convencional, podemos destacar: preço moderado (relativamente à tomografia computadorizada); obtenção de cortes transversais de qualquer zona; ampliação uniforme; e reprodutibilidade de imagem quando utilizada com o cefalostato. Na verdade, permite a visualização do alvéolo e tendo em conta a ampliação consegue obter-se uma quantificação geométrica do mesmo. Permite, ainda, determinar a relação espacial entre as estruturas anatómicas críticas e o local potencialmente recetor do implante. Idealmente, secções tomográficas de 1 a 2 mm permitem a visualização do local do implante e, com a integração do mento, permite a visualização do aspeto tridimensional do alvéolo. Se a ampliação for compensada, pode determinar-se a quantidade de osso alveolar disponível para a colocação do implante. As imagens tomográficas trans-operatórias, quando são obtidas com uma referência radiográfica, fornecem informação precisa e útil para a colocação do

implante. De facto, permite ao cirurgião retificar a orientação da broca perfuradora quando necessário. Através desta navegação trans-tomográfica é possível utilizar procedimentos cirúrgicos sem retalho num maior número de casos (Bagchi & Joshi, 2012; Bhoosreddy et al., 2013; Kalra et al., 2010; Lingam et al., 2013; Monsour & Dudhia, 2008; Nagarajan et al., 2014)

A tomografia convencional, apesar de apresentar alguma evolução relativamente aos meios radiográficos referidos anteriormente, possui algumas desvantagens que importa referir, nomeadamente: a falta de referências cruzadas com as radiografias lateral e frontal convencionais e com a ortopantomografia; resolução limitada devido à utilização de uma cassete com intensificador de imagem e, desta forma, a identificação e avaliação da topografia óssea e das estruturas anatómicas é mais difícil; o facto de os dentes com restaurações metálicas poderem obscurecer a imagem tomográfica; e, ainda, o facto de não conseguir avaliar a qualidade óssea nem identificar a patologia óssea e dentária, não sendo, por isso, úteis na identificação de patologia no local a receber o implante nem para determinar diferenças de densidades ósseas (Bagchi & Joshi, 2012; Kalra et al., 2010; Lingam et al., 2013; Nagarajan et al., 2014; Siu et al., 2010).

As unidades tomográficas multifuncionais são capazes de permitir a obtenção de imagens radiográficas semelhantes às imagens radiográficas intra-orais. No entanto, estas unidades apresentam as grandes desvantagens de o tempo do exame imagiológico ser bastante grande (por vezes, ascende aos 20 minutos) e o facto de o paciente ter de permanecer quieto até 20 segundos na tomada tomográfica de cada secção. Para além disso, a precisão da imagem pode não ser muito elevada devido a pequenos movimentos do paciente aquando da tomada tomográfica ou devido à sobreposição de estruturas e os equipamentos tomográficos não estarem disponíveis com a mesma facilidade dos equipamentos radiográficos convencionais, sendo também desconfortáveis para o paciente. É, ainda, necessário treino e experiência suficiente para a interpretação da imagem (Bhoosreddy et al., 2013; Lingam et al., 2013; Monsour & Dudhia, 2008).

As imagens tomográficas digitais permitem uma qualidade de imagem aumentada devido à possibilidade de aumento do contraste e manipulação da imagem, apresentando-se menos desfocadas. Para além disso, o processamento digital da

imagem pode permitir uma melhor avaliação do volume ósseo (e uma avaliação relativa da qualidade óssea) e a simulação da cirurgia de implantes, sendo possível visualizar a relação do implante com as estruturas anatómicas. A digitalização permite, ainda, utilização de uma régua digital que possibilita a avaliação do osso alveolar para colocação do implante. O aperfeiçoamento da imagem pode auxiliar na identificação de estruturas críticas com o canal alveolar inferior (Bagchi & Joshi, 2012; Kalra et al., 2010; Nagarajan et al., 2014).

As tomografias em corte transversal têm sido vastamente utilizadas em Implantologia, mostrando-se mais precisas que a ortopantomografia na medição da distância da crista alveolar ao canal dentário inferior. Na verdade, para a visualização radiográfica do canal alveolar inferior, imagens com cortes transversais fornecem a informação mais completa. Quando se compara a tomografia convencional (espiral ou hipocicloidal) com a tomografia computadorizada na avaliação da distância até ao canal dentário inferior, a tomografia computadorizada não apresenta precisão muito superior. A tomografia convencional com o movimento em espiral apresenta melhores resultados que a hipocicloidal, uma vez que a identificação dos bordos do canal alveolar inferior é mais fácil (Nagarajan et al., 2014; Siu et al., 2010).

Como foi referido anteriormente, por vezes os cortes tomográficos são espessos e apresentam estruturas anatómicas adjacentes que se encontram desfocadas ou sobrepostas, fazendo com que esta técnica tenha uma utilização limitada para locais unitários, nomeadamente nas regiões anteriores onde a geometria dos alvéolos muda rapidamente. É também difícil de utilizar em casos de implantes múltiplos, pois as variações anatómicas podem resultar em imagens que são de difícil interpretação. No entanto, a tomografia convencional está indicada em locais onde é expectável a reposição de um dente unitário ou de vários dentes numa área limitada e onde não existam variações anatómicas significativas (Bhoosreddy et al., 2013; Lingam et al., 2013).

Tomografia Computorizada

A Tomografia Computorizada (TC) aparece em 1972, tendo sido apresentada por Godfrey Hounsfield. Os primeiros *scanners* de tomografia computadorizada surgem em meados da década de 70, tendo sido utilizados inicialmente para estudar o crânio e fornecer imagens de estruturas anatómicas no plano axial. Foram considerados tão

inovadores que foram, naturalmente, substituindo as tomografias convencionais de movimentos complexos e apresentando-se como o maior avanço da radiologia desde o aparecimento dos raios X (Misch, 2015; Nagarajan et al., 2014; Shah et al., 2014; Shruthi et al., 2013; Siu et al., 2010).

Antes do desenvolvimento dos programas de reformatação da TC, a informação para a colocação dos implantes era fornecida pela Ortopantomografia e a Telerradiografia de Perfil, no entanto, como já foi dito anteriormente, estes meios radiográficos bidimensionais não permitem a visualização da dimensão vestibulo-lingual da mandíbula e da maxila, pelo que só era possível verificar se o rebordo tinha largura suficiente para acomodar o implante através de avaliação clínica (Mupparapu & Singer, 2004). Para além disso, também não conseguem fornecer a proximidade do feixe vaso-nervoso na dimensão vestibulo-lingual com grande precisão, como tal, a Tomografia Computorizada começou a ser mais utilizada na avaliação pré-operatória em Implantologia, uma vez que, a partir da década de 80, os dispositivos começaram a ser capazes de produzir imagens contíguas com 1,5-2 mm de espessura e atingiram a resolução necessária para se conseguir a visualização do canal alveolar inferior e do padrão trabecular do osso medular do maxilar superior e da mandíbula (Frederiksen, 1995).

Este meio imagiológico não tinha, inicialmente, a finalidade de avaliar as estruturas esqueléticas de alto contraste, tendo sido utilizado nos primeiros tempos na deteção de tecidos moles. Na Medicina Dentária, começou a ser utilizada em 1990 e a sua elevada popularidade tem feito com que, em determinadas situações, tenha vindo a substituir os meios radiográficos bidimensionais dos quais esta área era tão dependente. A Tomografia Computorizada pode ser utilizada para avaliar a articulação temporo-mandibular, lesões ósseas e dentárias, avaliação pós-cirúrgica da região maxilofacial, avaliar deformidades maxilofaciais e avaliação pré-cirúrgica em Implantologia. Atualmente, os protocolos deste meio imagiológico que associam imagens multiplanares reconstruídas com TC com multidetetores são os que demonstram maior precisão com 93% de sensibilidade e 100% de especificidade (Kalra et al., 2010; Lingam et al., 2013; Manisundar et al., 2014; Misch, 2015; Siu et al., 2010).

A TC é uma técnica imagiológica matemática e digital que possibilita ao operador criar cortes tomográficos dos tecidos de interesse, utilizando um feixe de raios X com uma colimação precisa e uma série de algoritmos matemáticos. Esses cortes não são afetados pelas estruturas anatómicas adjacentes ou pela sobreposição das suas sombras que se encontram localizadas fora do plano focal e desfocadas. A tomografia computadorizada utiliza raios X para produzir secções de imagens como na tomografia convencional. Imagens de alta resolução são obtidas através do varrimento num plano axial inicialmente (20-30 cortes na maxila; 30-35 secções na mandíbula), mantendo os cortes finos (Angelopoulos & Aghaloo, 2011; Bagchi & Joshi, 2012; Bagga et al., 2014; Frederiksen, 1995; Kalra et al., 2010; Manisundar et al., 2014; Shruthi et al., 2013; Siu et al., 2010).

A Tomografia Computorizada é utilizada para diagnóstico e elaboração de planos de tratamento dos mais variados procedimentos clínicos (nomeadamente reconstruções craniofaciais e colocação de implantes), uma vez que fornece informação tridimensional detalhada das estruturas cranianas e dentárias. Este meio imagiológico possibilita a obtenção de imagens seccionais dos maxilares, podendo ser visualizada toda a mandíbula, toda a maxila ou ainda uma região restrita de interesse (Lingam et al., 2013).

A TC permite a quantificação e diferenciação dos tecidos mole e ósseo, bem como a análise do local proposto para cirurgia ou colocação de implantes, através da reformatação dos dados de imagem para obter a criação de cortes tomográficos transversais e tangenciais do local do implante (Angelopoulos & Aghaloo, 2011; Bagchi & Joshi, 2012; Kalra et al., 2010; Lingam et al., 2013; Manisundar et al., 2014; Nagarajan et al., 2014).

Com os *scanners* de TC atuais, as imagens reformatadas são caracterizadas por secções com espessura de 1 pixel (0,25 mm) e com uma resolução planar de 1 pixel pelo espaçamento da digitalização (0,5 a 1,5 mm), obtendo-se uma resolução geométrica semelhante à das imagens planares. A imagem fornecida é uma imagem de tamanho natural, sendo altamente utilizável para facilitar medições e possibilitando a avaliação do osso disponível, a localização de estruturas vitais e fornecimento de imagens de fácil leitura. A localização de regiões potencialmente recetoras de implantes pode ser feita relativamente a estruturas anatómicas conhecidas,

restaurações existentes ou recorrendo a *stents* que utilizam marcadores radiopacos. De facto, os *stents* que utilizam gutta-percha ou bário como marcadores permitem planear a localização do implante relativamente aos dentes adjacentes, o seu ângulo de inserção e propor o contorno final da restauração final (Angelopoulos & Aghaloo, 2011; Bagchi & Joshi, 2012; Bagga et al., 2014; Frederiksen, 1995; Kalra et al., 2010; Lingam et al., 2013; Manisundar et al., 2014; Monsour & Dudhia, 2008; Nagarajan et al., 2014).

Obtenção da imagem na Tomografia Computorizada

O *scanner* de TC emite um feixe de raios X precisamente colimado, sendo que este é direcionado a detetores de cintilação ou a câmaras ionizantes. A cabeça do paciente encontra-se avançada na abertura circular no centro do pórtico, sendo que a fonte de raios X e os recetores recíprocos rodam simultaneamente em torno do paciente dentro do pórtico ou, então, os detetores podem formar um anel contínuo em torno do paciente e o tubo de raios X roda no interior do anel de detetores. A informação obtida pelos detetores corresponde às características de absorção de todas as estruturas anatómicas e tecidos que se encontram no caminho desse mesmo feixe de raios X. Posteriormente, essa informação é transferida e pode ser manipulada por um software de computador para obtenção de uma imagem em escala de cinzentos e para formar uma matriz de elementos de imagem (pixels). As várias projeções são transformadas numa imagem (sendo que corresponde aos dados não tratados), sendo depois reformatada num volume de *voxels* para subsequente análise. Na verdade, o *software* possibilita a reformatação de múltiplos cortes, os quais são dependentes da espessura original do corte e do intervalo entre os cortes. Para além disso, o *software* destinado à planificação dos implantes pode também ser utilizado para análise das imagens da TC e planear a colocação dos implantes com dispositivos simulados eletronicamente (Angelopoulos & Aghaloo, 2011; Bhoosreddy et al., 2013; Misch, 2015; Shah et al., 2014; Siu et al., 2010).

Como já foi referido anteriormente, os artefactos em risca derivados das restaurações metálicas e a amálgama tornavam as imagens axiais e coronais da TC apenas parcialmente úteis. Para além disso, numa fase inicial tentou obter-se imagens coronais e sagitais diretas como na tomografia convencional, mas tal não se revelou exequível, visto que o paciente tinha de colocar a cabeça numa posição de

hiperextensão desconfortável para se conseguir obter um paralelismo com o feixe de raios X e as imagens obtidas apareciam com artefactos em risca devido a restaurações metálicas. Por outro lado, com a técnica convencional, os cortes transversais dos maxilares não eram confiáveis, sendo que havia uma sobrestimação da largura dos maxilares na região dos caninos devido à curvatura do maxilar superior e da mandíbula. Estas deficiências levaram ao desenvolvimento a programas computadorizados responsáveis pela reformatação das imagens obtidas no plano axial em múltiplas imagens panorâmicas e imagens transversais dos maxilares. As imagens reformatadas dos cortes axiais finos revelaram-se uma grande ajuda, uma vez que são evitados os artefactos em risca e as outras desvantagens referidas (Frederiksen, 1995; Mupparapu & Singer, 2004).

Apesar de existirem vários programas de reformatação de imagem e poderem variar de fabricante para fabricante, a maior parte apresenta uma sequência básica de ações. Primeiramente, é obtida uma imagem exploradora, seguida das imagens axiais. A imagem exploradora é utilizada para determinar as definições do dispositivo e a região de interesse. O *software* coloca um arco sobre a vista axial do rebordo alveolar (dentado ou edêntulo), sendo que, de seguida, múltiplas linhas numeradas perpendiculares a esse mesmo arco são definidas. Essas linhas irão definir as imagens transversais reformatadas, podendo a distância entre estas imagens ser variável (normalmente, 1-2 mm). Ainda nestas imagens transversais (que não são afetadas pelos artefactos em risca porque estes não são projetados ao nível do processo alveolar), é possível visualizar corretamente o canal dentário inferior e o buraco mentoniano, bem como ter fácil acesso à largura mandibular e ao contorno da mesma. Para além disso, é facilmente identificado o seio maxilar e a sua proximidade com o local potencialmente recetor do implante. Se for utilizado um splint com marcadores radiopacos durante a obtenção da tomografia computadorizada, a região de interesse é facilmente identificada. De facto, as imagens transversais reformatadas fornecem quase toda a informação necessária para a avaliação pré-operatória do local potencialmente recetor do implante. No fim da ação do programa estão acessíveis três tipos de imagens: axiais, transversais e panorâmica. As imagens podem ser impressas com uma impressora a laser e podem ser obtidas medidas precisas, uma vez que existe uma escala milimétrica nas imagens para averiguar o grau de ampliação e obter medidas precisas através da utilização de um compasso. Normalmente, as imagens

vêm sempre acompanhadas de um relatório detalhado do radiologista oral e maxilofacial, dando ênfase ao estado geral de saúde da mandíbula e da maxila, estado da dentição, densidade óssea e medidas referentes ao processo alveolar. Alguns programas permitem ainda a reconstrução tridimensional de imagens, sendo esta tecnologia utilizada em situações de tratamento de trauma e patologias e em cirurgia craniofacial reconstrutiva para o tratamento de anomalias congénitas (Angelopoulos & Aghaloo, 2011; Frederiksen, 1995; Monsour & Dudhia, 2008; Mupparapu & Singer, 2004; Siu et al., 2010; Tyndall et al., 2012).

As imagens axiais podem ser reformatadas em diferentes planos, incluindo blocos de imagem num plano específico. O operador pode seleccionar *voxels* de apenas determinadas coordenadas para gerar novas imagens, sendo os dados armazenados e reorganizados para criar imagens de acordo com as necessidades de diagnóstico do paciente. Esta técnica é designada de imagiologia multiplanar e permite que as estruturas de interesse possam ser visualizadas em diferentes planos. Na verdade, este meio radiográfico providencia imagens tridimensionais das estruturas de interesse a partir das imagens axiais dessas mesmas estruturas. Para além disso, os *pixels* da superfície aparecem na imagem como se estivesse presente uma fonte de luz em frente ao sujeito que está a visualizar o exame. Assim, os *pixels* que aparecem mais próximos da fonte de luz encontram-se mais claros, enquanto os pixels localizados mais posteriormente estão mais escuros. Esta situação faz com que a imagem tenha um efeito de sombra e profundidade que fornece uma ideia de tridimensionalidade da mesma, sendo que este fenómeno é chamado de renderização de superfície (Angelopoulos & Aghaloo, 2011).

É necessário manter uma estreita relação com as práticas de radiologia médica quando se requisita imagens tomográficas computadorizadas para avaliação pré-operatória. De facto, o Médico Dentista deve deixar clara a informação precisa que quer que seja visualizada no exame radiológico, especialmente se as imagens obtidas tiverem o objetivo de serem utilizadas para manipulação com um programa de planificação pré-operatória. Os técnicos devem otimizar a informação obtida e evitar as restaurações metálicas, uma vez que estas são responsáveis pelos artefactos em risco (Monsour & Dudhia, 2008).

DentaScan é uma tecnologia de Tomografia Computorizada específica com um programa computadorizado de reformatação que permite a obtenção de cortes transversais verdadeiros do maxilar superior e da mandíbula. Nesta tecnologia, o operador indica a curvatura do arco maxilar ou mandibular e o computador é programado para gerar imagens transversais e imagens tangenciais/panorâmicas do alvéolo, juntamente com imagens tridimensionais do arco em questão. Habitualmente, as imagens transversais e panorâmicas encontram-se espaçadas por 1 mm para permitir um plano de tratamento pré-protético preciso (Bagchi & Joshi, 2012; Lingam et al., 2013; Shruthi et al., 2013).

Uma imagem digital bidimensional é descrita por uma matriz de imagem que tem elementos individuais de imagem chamados *pixels*. Na verdade, os *pixels* correspondem à unidade que permite descrever a intensidade de uma imagem num ponto específico, sendo que, normalmente, as imagens digitais são descritas pela sua largura e altura e pelos *pixels*. O valor do pixel pode ir de 8 bits (correspondente a 256 valores) a 12 bits (4096 valores) nas imagens em escala de cinzento (pode ter 32 bits ou 65 milhões de valores nos sistemas de imagem a cores), sendo excelentemente visualizadas no monitor a preto e branco. Já a imagem digital tridimensional é descrita através de uma matriz de imagem composta por elementos individuais de imagem designados *voxels*, sendo que cada elemento de volume (*voxel*) descreve o nível de intensidade naquele ponto tridimensional específico (normalmente, nas imagens tridimensionais, os *voxels* possuem uma intensidade de 12 bits ou 4096 valores). De facto, a imagem tridimensional não é unicamente descrita pela sua largura e altura de *pixels*, mas também pela sua espessura. Cada *voxel* possui um tamanho, localização e um valor na escala de cinzento e é representado por um valor que representa a densidade e espessura dos tecidos chamado o número de CT, sendo que este número corresponde ao valor específico da densidade ou da escala de cinzento e é medido em unidades Hounsfield (Angelopoulos & Aghaloo, 2011; Bagga et al., 2014; Manisundar et al., 2014; Misch, 2015; Siu et al., 2010).

As imagens da Tomografia Computorizada são normalmente caracterizadas por serem obtidas com 332 mAs, 130 kVp, tamanho de campo de 16 cm, ângulo de 0°, por terem uma matriz de imagem com dimensão de 512 x 512 pixels e uma espessura correspondente ao espaçamento de cada corte. Os valores do voxel variam de -1000 (valor correspondente ao ar) a +3000 (valor correspondente ao esmalte e materiais

dentários) unidades Hounsfield. Os *scanners* de tomografia computadorizada estão definidos com um valor padrão de 0 unidades Hounsfield para a água (Frederiksen, 1995; Kalra et al., 2010; Manisundar et al., 2014; Misch, 2015; Siu et al., 2010).

Vantagens

Como referido anteriormente, este meio imagiológico veio proporcionar grandes avanços no diagnóstico e elaboração de planos de tratamento em Medicina Dentária e, mais especificamente, em Implantologia, tendo vindo a diminuir progressivamente a dependência dos meios radiográficos bidimensionais. Na verdade, a Tomografia Computorizada apresenta inúmeras vantagens, das quais podemos destacar a eliminação completa das sombras das estruturas localizadas superficial ou profundamente às estruturas anatómicas de interesse e o facto de permitir a distinção entre tecidos que variam menos de 1% em densidade (comparativamente com os 10% necessários na tomografia convencional), devido à sua elevada resolução de alto contraste (Angelopoulos & Aghaloo, 2011; Shah et al., 2014).

Para além disso, a densidade óssea é facilmente avaliada, sendo medida em unidades Hounsfield, e o facto de a densidade das estruturas na imagem ser absoluta e quantitativa faz com que possa ser utilizada para obter algum grau de diferenciação entre os tecidos moles na região e caracterizar a qualidade do osso sem ser necessário recorrer a nenhum processo invasivo (Angelopoulos & Aghaloo, 2011; Bagchi & Joshi, 2012; Lingam et al., 2013; Manisundar et al., 2014; Nagarajan et al., 2014).

A ampliação é uniforme e com bom contraste, não existe sobreposição de imagens de estruturas superficiais ou profundas ao plano de interesse e a distorção é mínima, sendo que as imagens estão calibradas para obtenção de uma precisão dimensional (Bagga et al., 2014; Bhoosreddy et al., 2013; Frederiksen, 1995; Tyndall et al., 2012).

Permite ainda a obtenção de dados de imagem reformatados que, por sua vez, possibilitam a visualização de cortes tomográficos tangenciais ou transversais do local do implante. De facto, a imagem tomográfica reformatada fornece imagens panorâmicas, transversais e axiais que permitem uma rápida correlação das diferentes vistas do tecido. Possibilita o estudo simultâneo de múltiplos locais potencialmente recetores de implantes e obtenção de vistas multiplanares. Pode ainda referir-se como vantagem a possibilidade de reconstrução e reformatação 3D que apresenta grande

utilidade nos processos de aumento como, por exemplo, nos enxertos ósseos do seio maxilar (Bagga et al., 2014; Bhoosreddy et al., 2013; A. N. Kumar et al., 2014; Nagarajan et al., 2014).

A Tomografia Computorizada tem vindo a demonstrar-se como um meio radiológico superior na identificação de estruturas vitais e no cálculo de medidas de distância quando comparado com os meios imagiológicos descritos anteriormente. Na verdade, é verificada uma grande aplicabilidade dos cortes transversais da TC na avaliação de estruturas vitais nas regiões propostas antes do ato cirúrgico (Bagchi & Joshi, 2012; Lingam et al., 2013).

Ao nível da região anterior do maxilar superior, é possível averiguar a inclinação do rebordo alveolar, bem como visualizar a posição do canal nasopalatino e a sua relação com o local potencialmente recetor do implante. Normalmente, a largura mesio-distal é estreita e pode ser visualizada na imagem axial. Já a largura vestibulo-lingual do rebordo alveolar muitas vezes é estreita, pelo que pode ser necessário recorrer a processos de enxertos ósseos antes da colocação do implante. Ao nível da região posterior deste mesmo maxilar normalmente a dimensão vestibulo-lingual é suficiente para a colocação do implante, no entanto a altura óssea é insuficiente e, desta forma, grande parte das vezes é necessário recorrer a técnicas de elevação do seio maxilar com colocação de enxertos ósseos numa posição subperiosteal dessa mesma cavidade. Assim, é importante estar atento à presença de patologia sinusal ou existência de septos nas regiões mais inferiores desse seio perinasal nas imagens fornecidas pela TC (Boeddinghaus & Whyte, 2008).

É muito importante proceder à identificação do canal dentário inferior nos cortes transversais e medir a distância desde o bordo superior desse mesmo canal até à região mais superior do rebordo alveolar, uma vez que se o nervo alveolar inferior for lesado pode ocorrer parestesia permanente do lábio inferior. Normalmente, o canal alveolar inferior é facilmente visível nas imagens transversais da região posterior da mandíbula, no entanto, quando tal não acontece, existem dois métodos distintos para proceder à sua identificação. Um dos métodos consiste na visualização do sinal nicho cortical que corresponde a uma entalhe radiotransparente na margem medular interna do córtex lingual da mandíbula. Este entalhe existe porque o nervo alveolar inferior atravessa essa região da mandíbula, sendo também visível nas tomografias

convencionais de movimentos complexos. Esta indentação nem sempre é visível em todos os casos, mas quando aparece constitui um indicador importante para a localização desta estrutura anatómica, sendo que tem de ser identificada como um defeito contínuo em várias imagens transversais antes de ser considerada. A segunda hipótese utiliza um marcador de escala para relacionar a estrutura anatómica numa determinada vista com a sua localização numa vista diferente (Boeddinghaus & Whyte, 2008; Mupparapu & Singer, 2004).

A Tomografia Computorizada fornece uma estimativa da localização do canal alveolar inferior muito mais precisa que a disponibilizada pela radiografia periapical, ortopantomografia e tomografia convencional hipocicloidal. A depressão mandibular anterior é mais facilmente detetada na TC do que na Ortopantomografia. Se houver osso insuficiente na mandíbula, os implantes podem ser colocados mesialmente aos buracos mentonianos, sendo que estes implantes podem ser o suporte para uma sobredentadura. O canal da artéria incisiva localizado mesialmente ao buraco mentoniano não deve ser confundido com o canal alveolar inferior (Boeddinghaus & Whyte, 2008; Siu et al., 2010).

As imagens pré-implante podem ser utilizadas para avaliar o osso em ambos os maxilares (a sua altura, largura e qualidade óssea são avaliadas nas reconstruções radiais), avaliar a quantidade e qualidade subjetiva de osso nos vários locais potencialmente dadores antes de proceder à colheita para procedimentos de aumento do rebordo alveolar e verifica-se ainda uma maior facilidade de identificação dos enxertos ósseos ou de materiais de hidroxiapatite usados para aumentar o osso maxilar na região dos seios maxilares relativamente à tomografia convencional. Permitem ainda a avaliação do osso nos malares antes da colocação de implantes zigomáticos. Por outro lado, permitem, ainda, a identificação de patologia ou existência de dentes não erupcionados ou fragmentos radiculares no local proposto para o implante. A TC é o meio radiológico mais preciso a refletir as condições ósseas morfológicas verdadeiras dos maxilares (Bagchi & Joshi, 2012; Bagga et al., 2014; Bhoosreddy et al., 2013; Boeddinghaus & Whyte, 2008; Frederiksen, 1995; Lingam et al., 2013; Monsour & Dudhia, 2008; Shruthi et al., 2013).

De facto, ao permitir a avaliação do volume ósseo disponível, as imagens tomográficas vão auxiliar na determinação da posição correta, da angulação, do

número e do comprimento dos implantes. A Tomografia Computorizada com imagens reformatadas é o único meio efetivo na avaliação do volume ósseo na região localizada inferiormente aos seios maxilares (Bagchi & Joshi, 2012; Lingam et al., 2013; Siu et al., 2010).

As imagens obtidas através da TC permitem a visualização de estruturas anatômicas, como o osso cortical, e com bordos mais definidos do que as obtidas pela tomografia convencional em espiral. Esta maior definição dos bordos deve-se a uma atenuação linear, calculada para um *voxel*, que corresponde à média ponderada de todos os tecidos. Esta funcionalidade é chamada de média de volume parcial, no entanto tem as suas desvantagens, uma vez que afeta a confiabilidade das medições e fornece estimativas irreais da espessura do osso (Siu et al., 2010).

Atualmente, os *scanners* de Tomografia Computorizada mais modernos têm a capacidade de fornecer mais de cem cortes por rotação e fornecer múltiplos feixes de raios X em forma de leque, portanto o tempo de exposição vai ser menor, a qualidade de imagem é melhorada, as imagens isotrópicas podem ser reformatadas em qualquer plano e a visualização das características morfológicas das estruturas anatômicas e a presença de patologia também são mais facilmente detetáveis. Na verdade, os sistemas mais avançados de TC utilizam uma fonte de feixes de raios X em forma de leque e matrizes de multidetetores em que o operador consegue controlar o campo de imagem, a definição e a resolução espacial e consegue obter imagens com espessuras inferiores a 1 mm em rotações inferiores a 1 segundo. Contudo, ainda são necessárias várias rotações para obter as imagens de todo o complexo maxilofacial. Para além disso, a utilização de TC em espiral ou helicoidal reduz o tempo de exposição e investigação e a dose de radiação, obtendo-se imagens de maior precisão e mais rapidamente. Na verdade, o paciente sofre um movimento de translação ao mesmo tempo que o dispositivo roda em torno dele, permitindo um fluxo contínuo de informações durante a obtenção do exame. A espessura dos cortes varia entre 0,4-1 mm, não ocorre sobreposição e não é utilizada o recetor de imagem convencional (por exemplo, película) (Shah et al., 2014; Shruthi et al., 2013; Siu et al., 2010; Tyndall et al., 2012; Vandenberghe et al., 2010).

As imagens da tomografia computadorizada apresentam menor ruído que as da tomografia convencional (isto é, são menos granuladas), uma vez que possuem uma

maior colimação do feixe de raios X à saída do dispositivo de TC. É importante referir que em alguns *softwares* é possível diferenciar as lesões patológicas de estruturas anatómicas normais utilizando funcionalidades de aprimoramento de cor (Shah et al., 2014).

Desvantagens

Qualquer meio imagiológico apresenta desvantagens inerentes, nenhum é absolutamente perfeito, e a Tomografia Computorizada não é exceção. Apesar das inúmeras vantagens que a TC permite obter relativamente aos meios radiológicos bidimensionais anteriormente descritos, esta modalidade diagnóstica também apresenta algumas limitações. As desvantagens mais óbvias são o alto custo dos dispositivos (o que se traduz num preço inflacionado deste tipo de exames radiológicos e, por vezes, sem comparticipação do seguro) e o acesso limitado a esses mesmos dispositivos, estando normalmente disponíveis apenas em hospitais ou centros de imagem médica. Para além disso, o *software* apropriado nem sempre se encontra disponível e o tempo necessário para a obtenção do exame é elevado e durante este período o paciente precisa de se manter absolutamente quieto, sendo que qualquer movimento (como, por exemplo, a deglutição) pode causar distorção da imagem (Bhoosreddy et al., 2013; Frederiksen, 1995; A. N. Kumar et al., 2014; Monsour & Dudhia, 2008; Nagarajan et al., 2014; Shruthi et al., 2013; Tyndall et al., 2012).

As imagens obtidas com a tecnologia *Dentascan* podem nem sempre possuir o tamanho real e, como tal, pode revelar-se necessária uma compensação da ampliação da imagem. Para além disso, a avaliação da qualidade óssea exige a presença de um computador ou de uma estação de trabalho e a imagem *Dentascan* impressa apenas possui uma gama limitada da escala de cinzentos. Sob outra perspetiva, a inclinação da cabeça do paciente é fundamental, uma vez que todos os cortes transversais obtidos serão perpendiculares ao plano de imagem axial (Bagchi & Joshi, 2012; A. N. Kumar et al., 2014; Lingam et al., 2013; Shruthi et al., 2013).

A Tomografia Computorizada é um método radiológico que expõe o paciente a grandes quantidades de radiação comparativamente a outras modalidades de imagiologia, o que constitui uma desvantagem deste exame. Na verdade, apresenta ainda maiores doses de radiação que a tomografia computorizada de feixe cónico ou

que a tomografia convencional. Deve tentar evitar-se que os tecidos mais sensíveis da cabeça e do pescoço (como a córnea e a glândula tiróide) sejam atingidos pelas radiações aquando da obtenção deste exame radiológico. Por outro lado, é um método imagiológico que requer perícia técnica e treino específico para a interpretação de imagem. Não tem grande utilidade para verificar a osteointegração dos implantes, uma vez que se formam artefactos em risca causados pelo metal (as restaurações metálicas podem obscurecer a região de interesse) e, desta forma, impossibilitam a visualização da interface implante-osso para follow-up. De entre as estruturas metálicas que causam artefactos em risca podemos destacar as coroas, os espigões, as pontas de prata, mas não os implantes osteointegrados, visto que estes apresentam contornos suaves e não causam estes artefactos em risca. Assim, a localização do implante pode ser avaliada nas três dimensões através da TC (Bagga et al., 2014; Bhoosreddy et al., 2013; Frederiksen, 1995; A. N. Kumar et al., 2014; Monsour & Dudhia, 2008; Nagarajan et al., 2014; Shah et al., 2014; Shruthi et al., 2013; Siu et al., 2010).

Podemos destacar, ainda, como limitação, o facto de o canal alveolar inferior nem sempre aparecer distintamente neste exame radiológico e de estruturas anatómicas de baixa densidade (como estruturas osteoides) não serem captadas pela resolução das unidades de TC (Monsour & Dudhia, 2008). Para além disso, nem sempre as necessidades do exame pedido pelo Médico Dentista são percebidas pelos técnicos e médicos radiologistas (Bhoosreddy et al., 2013).

Tomografia Computorizada de Feixe Cónico (TCFC)

Os diferentes meios imagiológicos discutidos anteriormente fornecem respostas a algumas das necessidades diagnósticas da terapia com implantes. No entanto, a Ortopantomografia e as técnicas radiográficas intraorais apenas permitem o acesso a imagens bidimensionais e a sua precisão varia muito com a perícia e experiência do operador. Já a Tomografia Computorizada fornece a informação necessária com precisão elevada, mas a exposição à radiação é demasiado elevada e a sua utilização em Medicina Dentária é limitada devido ao elevado custo do equipamento e ao espaço necessário para o mesmo. A Tomografia Computorizada de Feixe Cónico (TCFC) veio colmatar as falhas existentes dos meios radiológicos dentários convencionais e da Tomografia Computorizada. A TC sempre esteve sob um criticismo significativo

quando era utilizada para o plano de tratamento de implantes dentários devido à grande quantidade de radiação que era emitida. Assim, com o aparecimento da TCFC (uma CT mais adaptada para a região dentária e maxilofacial) é possível obter imagens mais precisas, recorrendo apenas a uma fracção da radiação necessária para a TC e respeitando o princípio ALARA (“As Low As Reasonable Achievable”, referindo-se à exposição à radiação) (Angelopoulos & Aghaloo, 2011; Guerrero, Noriega, Castro, & Jacobs, 2014; Gupta & Ali, 2013; Lingam et al., 2013; Misch, 2015).

Na verdade, a Tomografia Computorizada de Feixe Cónico revela-se como um meio alternativo de obtenção de cortes transversais das estruturas anatómicas de interesse sem recorrer ao feixe de raios X em forma de leque e utilizando um detetor de radiação que não exige tanta radiação para a formulação da imagem. A transferência desta tecnologia para a Medicina Dentária ocorreu em 1995 e a primeira unidade de TCFC fabricada especificamente para o mercado da Medicina Dentária foi introduzida em 1999 na Europa. Os *scanners* de feixe cónico foram feitos para utilização em consultório, possibilitando ao paciente e ao Médico Dentista as vantagens de visualização do exame no preciso momento. Na maioria dos dispositivos de TCFC, o paciente encontra-se sentado ou em pé, em vez de se encontrar na posição de supino como acontece nas TC convencionais (Jaju & Jaju, 2014; M. Kumar, Shanavas, Sidappa, & Kiran, 2015; Monsour & Dudhia, 2008).

Inicialmente, a TCFC foi introduzida devido ao seu papel fulcral no campo da Implantologia Dentária. Atualmente, a sua utilização tem-se vindo a estender às áreas da cirurgia oral, ortodontia (nomeadamente, nas medições de desenvolvimento e nas variações anatómicas), endodontia, periodontologia, apneia do sono e desordens temporomandibulares e, ainda, a áreas da Medicina relacionadas como Oftalmologia e Otorrinolaringologia. De facto, este meio radiológico encontrou variadas aplicações nas diferentes áreas da Medicina Dentária, apresentando uma elevada resolução que se revelou bastante útil na deteção de quistos, tumores, infeções, anomalias do desenvolvimento ou lesões traumáticas envolvendo as estruturas maxilofaciais. Tem vindo a ser utilizada exhaustivamente em patologia óssea e dentária dos maxilares e nas articulações temporomandibulares (ATM) e no plano de tratamento para a colocação de implantes. Verifica-se, também, ampla utilização no pré e pós-

operatório de fraturas craniofaciais (Correia & Salgado, 2012; Gupta & Ali, 2013; Jaju & Jaju, 2014; Shah et al., 2014).

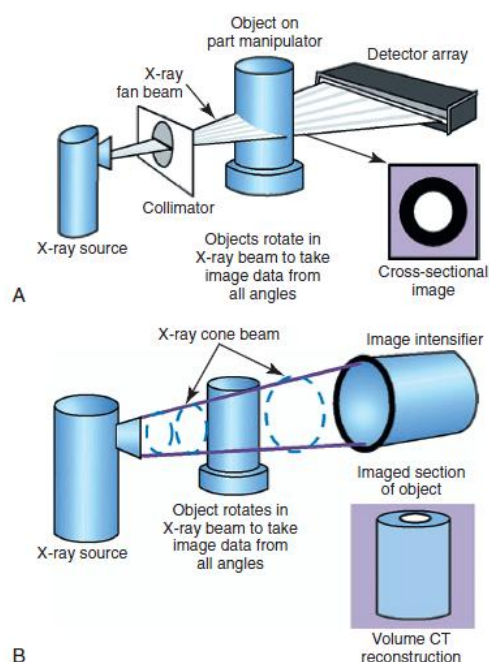


Figura 9 - Tomografia Computorizada vs Tomografia Computorizada de Feixe Cônico. A - Na TC convencional, a fonte de raios X emite um feixe em forma de leque que roda em torno do paciente, adquirindo um corte de uma estrutura anatômica por rotação. Desta forma, como o número de rotações necessárias vai ser maior, a quantidade de radiação emitida também vai ser superior; B - A TCFC consegue obter todos os dados numa única rotação, reduzindo a radiação necessária, os erros de reformatação e a distorção (Fonte - Misch, 2015)

Este meio imagiológico utiliza uma plataforma rotacional onde o detetor de imagem e a fonte de raios X são fixos. A fonte de raios X rotacional gera um feixe cônico que é dirigido ao centro da área de interesse e que pode ser modificado para se obter volumes de imagens de tamanho variável que pode ir desde metade do arco dentário até à cabeça inteira. Na verdade, as múltiplas (de 150 a mais de 600) projeções planares e sequenciais de imagens são obtidas num arco de 360°, sendo depois reconstruídos numa base de dados volumétrica. Os raios X são captados por um único detetor bidimensional que pode ser um painel plano ou um detetor de radiação intensificador de imagem, sendo depois convertidos em vários tons de cinzento que aparecem no ecrã do computador. Posteriormente, são sujeitos a reconstrução das imagens que pode ser obtida pelo simples realinhamento dos dados de *voxels* ou dados de imagem, possibilitando a visualização de imagens no plano coronal, axial, sagital, panorâmico, tridimensional e imagens dos tecidos moles. Este processo difere do da TC que utiliza um feixe em forma de leque plano numa progressão helicoidal

para adquirir cortes imagiológicos do campo de visão que depois são empilhados para obter a representação tridimensional. Na maioria dos sistemas de TCFC só é necessária uma volta em torno do paciente, pois todo o campo de visão é irradiado simultaneamente, sendo esta a grande diferença entre a Tomografia Computorizada de Feixe Cónico e a Tomografia Computorizada convencional (Abramovitch & Rice, 2014; Alamri, Sadrameli, Ashalhoob, Sadrameli, & Alshehri, 2012; Angelopoulos & Aghaloo, 2011; Bhoosreddy et al., 2013; Correia & Salgado, 2012; Greenberg, 2015; M. Kumar et al., 2015; Lingam et al., 2013; Misch, 2015; Monsour & Dudhia, 2008; Shah et al., 2014; Shruthi et al., 2013; Tyndall et al., 2012; Vandenberghe et al., 2010).

Deste modo, torna-se importante definir o que é o campo de visão. O campo de visão descreve o tamanho máximo do objeto em estudo que ocupa a matriz de imagem, sendo que este é dependente de muitos fatores como a forma e tamanho do detetor e a colimação e projeção geométrica dos feixes de raios X. A colimação do feixe é fundamental para a área de interesse ser a única área a ser irradiada e, deste modo, diminuir a exposição do paciente à radiação. Normalmente, quanto menor o campo de visão, maior a resolução de imagem e menor dose efetiva de radiação, uma vez que cada *pixel* vai representar uma área menor (Abramovitch & Rice, 2014; Misch, 2015).

Atualmente, as unidades de TCFC são classificadas segundo o seu campo de visão em pequenas, médias ou grandes. As TCFC com campo de visão grande apresentam um campo de visão de 15-23 cm e são utilizadas, essencialmente, em trauma maxilofacial, diagnóstico e plano de tratamento ortodôntico, análise da articulação temporo-mandibular (ATM) e patologia dos maxilares, sendo a sua principal limitação a dimensão do campo irradiado. As TCFC de campo de visão médio (10-15 cm) são utilizadas em obtenção de imagens maxilo-mandibulares, avaliação pré-operatória em Implantologia e condições patológicas. As TCFC de campo de visão reduzido (<10cm) são utilizadas em imagiologia dento-alveolar e são muito vantajosas quando aplicadas à Endodontia (Shah et al., 2014).

Na TCFC, os tempos de *scan* mais rápidos resultam numa menor resolução e aumento de ruído, no entanto a dose de radiação é menor e a probabilidade de artefactos devido ao movimento do paciente durante a obtenção do exame é menor. Esta situação verifica-se porque o número de imagens base é reduzido antes da reconstrução

tridimensional. Pelo contrário, se o tempo for mais longo, a resolução vai aumentar e o ruído vai diminuir, mas, ao mesmo tempo, vai ocorrer um aumento da dose da radiação e maior risco de artefactos devido ao movimento do paciente durante a obtenção do exame (Monsour & Dudhia, 2008).

Vantagens

Os *scanners* da Tomografia Computorizada de Feixe Cónico são desenvolvidos especificamente para o diagnóstico e elaboração de planos de tratamento em Implantologia, gerando várias imagens da região de interesse numa única rotação. Desta forma, o Médico Dentista tem a capacidade de optar por uma cirurgia minimamente invasiva e reduzir o tempo de cirurgia e dor e inchaço pós-operatório, bem como obter um tempo de recuperação mais rápido. A partir da placa cirúrgica é possível desenvolver um modelo de trabalho na fase pré-cirúrgica e, deste modo, pode-se colocar uma prótese provisória imediatamente após a cirurgia (Nagarajan et al., 2014).

Os *scanners* de feixe cónico foram feitos para utilização em consultório, possibilitando ao paciente e ao Médico Dentista as vantagens de visualização do exame no preciso momento. São mais pequenos e custam 25% do preço de um *scanner* de TC convencional. Permite, ainda, a colimação do feixe cónico para a região de interesse e, desta forma, reduzir a exposição do paciente a radiação desnecessária, sendo de utilização praticamente tão fácil como as unidades de Ortopantomografia e produzindo imagens de resolução submilimétrica de alta qualidade. Na maioria dos dispositivos de TCFC, o paciente encontra-se sentado ou em pé, em vez de se encontrar na posição de supino como acontece nas TC convencionais (Correia & Salgado, 2012; Gupta & Ali, 2013; Misch, 2015; Monsour & Dudhia, 2008; Nagarajan et al., 2014; Tyndall et al., 2012; Vandenberghe et al., 2010).

A Tomografia Convencional de Feixe Cónico mostra o osso alveolar em relação com a posição ideal dos dentes na arcada e utiliza doses de radiação bastante inferiores às da Tomografia Convencional. Para além disso, a Tomografia Computorizada de Feixe Cónico aumenta a utilização dos raios X emitidos e requer muito menos energia elétrica que tecnologia que utiliza feixes de raios X em forma de leque (Alamri et al., 2012; Boyce & Klemons, 2015; Greenberg, 2015; Gupta & Ali, 2013; Nagarajan et

al., 2014; Vandenberghe et al., 2010; Yepes & Al-Sabbagh, 2015). Segundo Shui-Cheong Siu, *et al.* (2010), a TCFC utiliza doses de radiação na ordem dos 0,035 mSv e os 0,10 mSv, o que corresponde a duas a oito Ortopantomografias. Outros autores referem que a TCFC necessita apenas de 3-20% da radiação da TC (dependendo do equipamento utilizado e da área radiografada) e é um exame radiológico menos dispendioso (Shah et al., 2014). Segundo Bagga, *et al.* (2014) e Manisundar, *et al.* (2014), a TCFC fornece toda a informação que se consegue obter através da Tomografia Computorizada convencional, no entanto necessita apenas de 1/8 da radiação. Por outro lado, outro estudo refere que a dose de radiação é reduzida em 98% comparativamente à TC convencional que utiliza o feixe de raios X em leque e que essa radiação corresponde entre 4 a 15 Ortopantomografias (Boyce & Klemons, 2015). A exposição à radiação na TCFC é 10 vezes inferior à da TC aquando da exposição maxilofacial (68 mSv comparativamente com os 600 mSv da TC), apresentando, ao mesmo tempo grande precisão dimensional (apenas 2% de ampliação) (M. Kumar et al., 2015).

Consequentemente, pode afirmar-se que não existe, ainda, uma concordância plena quanto à dose efetiva de radiação da TCFC, sendo unanimemente aceite que apresenta menor radiação que a TC convencional. Efetivamente, uma investigação recente afirma que apesar de existirem bastantes estudos relativos à dose efetiva de radiação da TCFC no esqueleto facial, a qualidade da evidência é reduzida no que diz respeito ao modo como as diferentes necessidades de diagnóstico e a qualidade de imagem se devem relacionar de forma a poderem desenvolver-se protocolos que vão de encontro ao princípio ALARA. Verificou-se ainda a necessidade de estudos futuros para se poder efetuar uma estimativa mais precisa da dose de radiação efetiva e para se poder comparar a dose de radiação efetiva entre diferentes unidades de TCFC (Al-Okshi, Lindh, Salé, Gunnarsson, & Rohlin, 2015).

Outra vantagem da TCFC é a sua capacidade de gerar uma base de dados tridimensional e, a partir da mesma, obter todas as imagens em duas dimensões (por exemplo, Ortopantomografia e Telerradiografia de Perfil). O custo é diminuído comparativamente à TC, a acessibilidade e o manuseio são relativamente fáceis e este meio imagiológico está menos sujeito aos artefactos causados pelas restaurações metálicas. Para além disso, o *software* utilizado para o planeamento de implantes é de mais fácil utilização e bastante mais útil que o utilizado na TC convencional (Alamri

et al., 2012; Correia & Salgado, 2012; Gupta & Ali, 2013; Monsour & Dudhia, 2008; Nagarajan et al., 2014; Tyndall et al., 2012).

Comparativamente à imagiologia bidimensional convencional, os meios imagiológicos tridimensionais (como, por exemplo, a TCFC) fornecem informação adicional que pode ser utilizada para análises mais sofisticadas e planos de tratamento com mais opções, o que vai resultar numa maior probabilidade de obter resultados protéticos mais satisfatórios. O requerimento mais importante no diagnóstico dentomaxilofacial é a elevada resolução espacial tridimensional, permitindo a visualização de estruturas ósseas diminutas (Tyndall et al., 2012; Vandenberghe et al., 2010).

O tempo de obtenção do exame é baixo. Na verdade, os tempos de aquisição de imagem variam de máquina para máquina, mas, normalmente, este tempo é entre os 10 e os 70 segundos (na maioria das vezes, aproximadamente 60 segundos). O tempo de aquisição varia ainda com o campo de visão e o tamanho dos *voxels* que, como já foi referido, está relacionado com a resolução da imagem, sendo que os *voxels* de menor dimensão correspondem a imagens de maior resolução (M. Kumar et al., 2015; Monsour & Dudhia, 2008; Nagarajan et al., 2014).

A precisão geométrica da TC convencional apresenta um grau de aceitação elevado e a TCFC possui também uma precisão semelhante que a torna útil na avaliação pré-implante. De facto, os erros nas medidas neste último meio radiológico são na ordem dos 0,5 mm ou menos, fazendo da TCFC um meio imagiológico que fornece medidas com grande precisão e, ao mesmo tempo, apresenta uma exposição à radiação bastante inferior à da TC. Para além disso, as imagens tridimensionais reformatadas da TC apresentam-se como semelhantes às da TCFC, as diferenças são mínimas e a qualidade das imagens do último meio radiográfico são de qualidade aceitável. Na verdade, apresentam a mesma precisão geométrica e são bastante úteis em procedimentos como a elevação do seio maxilar, avaliação do sucesso de enxertos ósseos (bem como outras avaliações pós-tratamento) e fornecem uma estimativa da densidade interna (Bagchi & Joshi, 2012; M. Kumar et al., 2015; Monsour & Dudhia, 2008).

A TCFC tem sido utilizada para a avaliação pré e pós-cirúrgica dos implantes dentários. Em termos pré-operatórios, este meio imagiológico auxilia na avaliação da

quantidade e qualidade subjetiva de osso disponível na maxila e na mandíbula para a colocação do implante, bem como da continuidade das placas corticais, permitindo ao Médico Dentista obter informação precisa do local do implante no paciente edêntulo ou quando muitos implantes estiverem programados, ajudando, conseqüentemente, no diagnóstico e no estabelecimento de um plano cirúrgico controlado. A avaliação do local potencialmente recetor do implante pode ser realizada nos três planos do espaço, sem existir distorção, sobreposição de estruturas ou ampliação diferencial, sendo possível obter a altura, largura e angulação desse mesmo local, recorrendo a instrumentos de medida embutidos. Na verdade, o local proposto para implante deve possuir 12 mm desde a crista alveolar até ao bordo superior do canal alveolar inferior para a colocação de um implante com 10 mm com uma margem de, pelo menos, 2 mm. O osso deve, ainda, possuir largura horizontal adequada para a colocação do implante (3,5mm). Para além disso, ainda fornece informação mais detalhada e precisa das estruturas vitais circundantes (como nervos ou cavidades sinusais) para que estas possam ser protegidas aquando da cirurgia de colocação dos implantes (Angelopoulos & Aghaloo, 2011; Bagchi & Joshi, 2012; Gupta & Ali, 2013; Jaju & Jaju, 2014; A. N. Kumar et al., 2014; Monsour & Dudhia, 2008; Shah et al., 2014).

O uso pós-operatório da TCFC está reservado a situações específicas, nomeadamente em pacientes com mobilidade do implante ou sensibilidade alterada e pacientes em que a recuperação do implante é antecipada. De facto, a imagiologia de corte transversal é utilizada para avaliar o sucesso do implante, baseando-se em duas áreas fundamentais: a integração, avaliando a perda óssea marginal, a interface osso-implante (de forma limitada devido ao titânio mascarar essa interface) e avaliação do osso após enxertos; e complicações pós-operatórias, nomeadamente as já referidas anteriormente, bem como rinosinusite e infeção ou falha na integração pós-operatória (Yepes & Al-Sabbagh, 2015).

O padrão vestibulo-lingual do rebordo alveolar não é acessível através dos meios imagiológicos bidimensionais, no entanto a TCFC possibilita a visualização do padrão do rebordo alveolar presente, podendo este variar entre rebordo irregular, rebordo com crista estreita ou rebordo em lâmina de faca, entre outros. Os cortes transversais são ainda úteis para auxiliar a determinar a qualidade do osso, a espessura das placas corticais, a patologia periapical e do seio maxilar e a trajetória do dente dentro do alvéolo. Por vezes, o dente encontra-se posicionado mais para vestibular ou facial e

isso pode constituir um problema, uma vez que, quando se coloca um implante numa cavidade de extração e esta se encontra demasiado deslocada para vestibular, os resultados obtidos podem não ser satisfatórios. Para além disso, as concavidades onduladas e a perda das placas corticais também podem ser vistas em imagens de cortes transversais, sendo que esta situação não se verifica nas imagens panorâmicas. Na verdade, em casos de compromisso ósseo dos maxilares (em quantidade ou qualidade), a radiografia panorâmica não é suficiente para o estabelecimento de um diagnóstico e plano de tratamento. As imagens tridimensionais refletem melhor a topografia óssea verdadeira e são de grande valor para o diagnóstico, revelando-se indispensáveis quando existem riscos potenciais no plano de tratamento (Ganz, 2015; Jaju & Jaju, 2014).

Por vezes, o uso da TCFC pode ser considerado desnecessário porque os pacientes parecem possuir osso suficiente no sentido mesio-distal e em altura através da visualização dos meios radiográficos convencionais. No entanto, quando é utilizada a TCFC ou a TC verifica-se que não existe osso em quantidade suficiente no sentido vestibulo-lingual e esta situação pode levar a ocorrência de perfurações ou fenestrações e, conseqüentemente, à falha do implante (Boyce & Klemons, 2015).

No maxilar superior, a Tomografia Computorizada de Feixe Cónico auxilia, essencialmente, a ter acesso à concavidade labial cortical da região dos incisivos laterais superiores, bem como nas relações anatómicas dos implantes com o seio maxilar e o buraco incisivo, por exemplo. De facto, o contacto do implante com o nervo nasopalatino pode originar falhas na osteointegração do implante e disfunções sensoriais. Relativamente ao seio maxilar, permite uma boa visualização do mesmo em termos de osso, simetrias e calcificações, podendo obter-se acesso a medidas concretas e ideias corretas sobre a dimensão do seio maxilar e fornecendo alguma informação acerca dos tecidos moles da região, como por exemplo patologia do seio ou espessamento da membrana de Schneider (ainda que não seja o melhor meio para tal). Também se consegue visualizar a espessura da parede lateral do seio bem como os vasos que percorrem a mesma, permitindo a antecipação a um eventual procedimento de enxerto ósseo do seio maxilar. A colocação de um rolo de algodão no vestibulo pode auxiliar na obtenção de informação diagnóstica, uma vez que, ao elevar o lábio, vai permitir uma melhor apreciação do osso, do vestibulo e dos tecidos

moles, sendo particularmente importante na região estética do seio maxilar (Bhoosreddy et al., 2013; Correia & Salgado, 2012; Ganz, 2015; Gupta & Ali, 2013).

Já na mandíbula, ajuda a ter informação acerca da concavidade na região posterior da mandíbula e na região da sínfise. Essa concavidade na região mandibular posterior é comum e pode ser difícil de gerir (principalmente quando se suspeita de perfuração da cortical lingual). É essencial verificar a angulação e posicionamento da broca e do implante através de radiografias e avaliação clínica para detetar estas perfurações nos locais da osteotomia, sendo que os principais riscos desta perfuração são: a hemorragia das artérias sublingual e submentoniana, obstrução aérea e perfurações acima do bordo do milo-hioideu que podem levar à lesão do nervo alveolar inferior. Permite, ainda, obter informação de como o canal alveolar inferior está posicionado na dimensão vestibulo-lingual da mandíbula e se o mesmo se encontra dividido ou não. Foi reportado que a presença de um canal dentário inferior bífido na região do ramo mandibular é mais frequentemente visualizada na TCFC (65% dos pacientes) comparativamente à Ortopantomografia (0,08-0,95%) (Bhoosreddy et al., 2013; Gupta & Ali, 2013).

Os *softwares* de TCFC mais recentes reduzem o risco de implantes mal posicionados e de invasão de estruturas anatómicas adjacentes. Este meio imagiológico leva a poucas falhas na colocação do implante, uma vez que fornece informação acerca da qualidade do osso, da forma do alvéolo e da altura e largura do local proposto para implante. Permite, ainda, a identificação dos limites mandibulares e identificar a escala e âmbito da patologia local (Alamri et al., 2012; Bhoosreddy et al., 2013; M. Kumar et al., 2015).

A qualidade de imagem subjetiva é elevada nos dispositivos de maior resolução, mesmo quando comparando com a Tomografia Computorizada Helicoidal. Gera imagens de alta resolução espacial das estruturas anatómicas (resolução na ordem dos 2 pares de linha por milímetro), osso trabecular, dentes, ligamento periodontal e formação radicular, permitindo perceber a relação com as estruturas adjacentes (Gupta & Ali, 2013; M. Kumar et al., 2015; Nagarajan et al., 2014; Shah et al., 2014).

Tanto a TC como a TCFC podem ser utilizadas para avaliação pré-cirúrgica e multidimensional da anatomia da região e, deste modo, reduzir erros na colocação dos implantes, que poderiam resultar em sequelas nocivas como, por exemplo, perfuração

dos bordos corticais e invasão de estruturas anatómicas adjacentes. Em termos pós-operatórios, pode ainda ser utilizada para avaliar a posição do implante e o estado dos enxertos ósseos. Foi responsável por uma melhoria da seleção de casos, permitindo ter conhecimento das possíveis complicações que podem ocorrer e, deste modo, estruturar o plano de tratamento de maneira a evitá-las ou, então, optar por um plano de tratamento alternativo (Alamri et al., 2012; A. N. Kumar et al., 2014; Tyndall et al., 2012).

Num estudo de 2014 no Japão, avaliando a significância da TCFC na detecção de variações anatómicas e lesões nos seios maxilares em pacientes que serão sujeitos a reabilitação com implantes, verificou-se que a Ortopantomografia apresentava limitações na visualização de lesões dos seios maxilares principalmente nas fases iniciais das mesmas, sendo, no entanto, um método útil na avaliação da relação dos dentes com o pavimento do seio maxilar e na detecção de lesões mais grosseiras que afetem a região do pavimento do seio. Segundo este estudo, é necessário, portanto, a introdução da TCFC no planeamento pré-operatório de implantes do maxilar superior, uma vez que é possível detetar uma maior prevalência de variações anatómicas e de espessamento da mucosa com este meio radiológico e, comparativamente, a radiografia panorâmica apresenta uma taxa de detecção bastante inferior (Shiki et al., 2014).

Desvantagens

As principais desvantagens, tanto da TC como da TCFC, é a sua relativa elevada radiação e os custos adicionais respeitante aos meios radiográficos planares, panorâmicos e associados a outros meios radiológicos que nos permitem obter alguma informação transversal. Na verdade, o maior problema que este meio imagiológico enfrenta é o seu custo (80 a 150 mil euros) que para a maioria dos consultórios de Medicina Dentária não é viável, recorrendo-se a centros de imagiologia médica externos (Correia & Salgado, 2012; M. Kumar et al., 2015; Tyndall et al., 2012).

A TCFC apresenta alta resolução e baixa exposição à radiação, que se apresentam com duas vantagens; no entanto, estas características, associadas à não existência de fórmulas para correção da radiação dispersa, também têm influências negativas, uma vez que o contraste dos tecidos moles encontra-se bastante diminuído comparativamente à TC convencional que utiliza uma maior radiação e, deste modo, a

TCFC é considerada não apropriada para a deteção de pequenas alterações em radiodensidades. Contudo, esta é uma desvantagem relativa, visto que a finalidade principal da TCFC é a visualização dos tecidos duros e tem vindo a ser ultrapassada com a introdução de novos algoritmos (Correia & Salgado, 2012; Gupta & Ali, 2013; Monsour & Dudhia, 2008; Tyndall et al., 2012; Yepes & Al-Sabbagh, 2015).

Por outro lado, o ruído da imagem é bastante superior nesta modalidade imagiológica quando comparado com a Tomografia Computorizada convencional devido à radiação dispersa. Na TC convencional, como a aquisição de imagem é mais rápida que na TCFC, a probabilidade de visualização de artefactos devido ao movimento do paciente durante a aquisição de imagem é muito mais reduzida, sendo a definição de imagem maior. As imagens obtidas com voxels de tamanho superior podem ser consideradas de maior qualidade subjetiva, pois estão menos sujeitas ao ruído da imagem (Gupta & Ali, 2013; A. N. Kumar et al., 2014; Monsour & Dudhia, 2008; Tyndall et al., 2012; Vandenberghe et al., 2010).

Como já foi referido, na TCFC os tempos de aquisição de imagem são demorados (na ordem dos 15-20 segundos) e exigem que o paciente esteja totalmente quieto para que não existam artefactos devido ao movimento nas imagens obtidas (Shah et al., 2014).

Pode, ainda, referir-se como limitação o facto deste meio radiológico ser (à semelhança da TC) suscetível a restaurações metálicas (coroas metálicas ou materiais de titânio, por exemplo) e a estruturas anatómicas de alta densidade (como, por exemplo, o esmalte), podendo estas causar artefactos em risca. Quando o feixe de raios X atravessa o objeto metálico, os fotões de baixa energia são absorvidos em maior quantidade que os fotões de alta energia, originando estes artefactos que vão diminuir a qualidade de imagem (Greenberg, 2015; A. N. Kumar et al., 2014; Shah et al., 2014; Yepes & Al-Sabbagh, 2015).

Para além disso, a TCFC não apresenta uma escala de cinzentos universal, pelo que a universalidade deste meio imagiológico é questionável. Na verdade, este meio radiológico não fornece unidades Hounsfield corretas e, como tal, devido a esta distorção das unidades de Hounsfield neste meio imagiológico, a TCFC não pode ser utilizada para estimar a densidade óssea de uma forma generalizada nem comparar com outras unidades de TCFC ou entre pacientes (Alamri et al., 2012; Correia & Salgado, 2012; Gupta & Ali, 2013; A. N. Kumar et al., 2014; Shah et al., 2014).

A Tomografia Computorizada de Feixe Cónico apresenta baixa gama de contrastes, campo de visão restrito e volume radiografado reduzido devido ao tamanho diminuído do sensor (Gupta & Ali, 2013; Nagarajan et al., 2014).

Imagiologia de Diagnóstico Interativa

A introdução da TCFC em Medicina Dentária há praticamente 10 anos está intimamente relacionada a um novo paradigma no diagnóstico maxilo-facial chamado Imagiologia de Diagnóstico Interativa (IDI). A IDI é uma técnica que foi desenvolvida para colmatar a lacuna na transferência de informações a partir dos dados obtidos da TC para o seu uso na formulação de um diagnóstico e elaboração de um plano de tratamento em Implantologia (Angelopoulos & Aghaloo, 2011; Lingam et al., 2013; Misch, 2015).

Inicialmente, os Médicos Dentistas recebiam os exames de TC dos seus pacientes em película ou impressos, o que traz uma série de desvantagens. O clínico não consegue ter acesso às imagens digitais originais nem às funcionalidades que o software lhe fornece e, como tal, torna-se mais difícil a identificação de estruturas anatómicas vitais. O Médico Dentista é ainda obrigado a escolher o implante a utilizar recorrendo a uma régua específica ou colocando o implante em cima do exame, sendo que esta tarefa não é precisa se a imagem impressa ou a película não corresponderem a uma imagem em tamanho real. Por último, é mais difícil ter noção da anatomia tridimensional do paciente recorrendo a séries de imagens bidimensionais e cruzar as suas informações, sendo também impossível ter acesso à densidade óssea (Manisundar et al., 2014).

A IDI permite ao Médico Dentista medir o comprimento e largura do alvéolo, ter acesso à qualidade do osso alterando os níveis de cinzento da imagem (o que permite também um aumento da perceção das estruturas críticas), transferir imagens para o clínico através de um ficheiro de computador e fornecer um plano de tratamento tridimensional adequado à anatomia do paciente e que pode ser visualizado antes da cirurgia de implantes, auxiliando a escolher o número e dimensão dos implantes de acordo com densidade de osso nos locais a implantar. Com o número e o tamanho dos implantes determinados e com a informação da densidade óssea no local proposto, é possível eleger as características dos implantes ainda antes da cirurgia (Bagga et al.,

2014; Kalra et al., 2010; A. N. Kumar et al., 2014; Lingam et al., 2013; Nagarajan et al., 2014).

Através da IDI o clínico e o radiologista podem proceder à “cirurgia eletrónica”, seleccionando e colocando cilindros de tamanho arbitrário que simulam implantes com a forma radicular nas imagens obtidas. Esta situação permite criar um plano de tratamento para o paciente nas três dimensões e pode ser visualizado pelo Médico Dentista e pelo paciente para aprovação ou modificação. Na verdade, estes implantes eletrónicos podem ser colocados em posições e orientações variadas, respeitando outros implantes, o alvéolo, as estruturas anatómicas vitais, a oclusão e a estética (Bagga et al., 2014; Kalra et al., 2010; Lingam et al., 2013; Manisundar et al., 2014; Nagarajan et al., 2014).

A cirurgia eletrónica permite a colocação de implantes eletrónicos no estudo imagiológico, no entanto o refinamento e a angulação relativa exata da posição do implante é uma tarefa complicada, incómoda e consumidora de tempo. A principal limitação é o facto de o clínico ter dificuldade em determinar o espaço relativo exato entre os implantes eletrónicos e na orientação desses mesmos implantes. Na verdade, o paralelismo é difícil de observar utilizando imagens ortogonais em vez de tridimensionais (Kalra et al., 2010; A. N. Kumar et al., 2014; Manisundar et al., 2014).

Os dados volumétricos obtidos através da TCFC podem ser exportados em formato DICOM (*Digital Imaging and Communications in Medicine*) e importados para um *software* que é especificamente desenvolvido para o planeamento de implantes. Através deste programa, é possível obter múltiplas imagens de cortes transversais e tridimensionais, bem como simular a colocação de implantes nas imagens virtuais e utilizar as suas funcionalidades em cirurgia guiada por computador. Na verdade, o planeamento virtual da cirurgia de implantes permite aos clínicos prever e visualizar o final do tratamento ainda antes deste ter sequer começado (Angelopoulos & Aghaloo, 2011; Ganz, 2015; Gupta & Ali, 2013; M. Kumar et al., 2015; Monsour & Dudhia, 2008; Tyndall et al., 2012).

Após a importação dos dados volumétricos, podem ser geradas e disponibilizadas imagens reformatadas em diferentes vistas, realinhando seletivamente os dados de imagem (*voxels*). O principal modo de exibição é a imagiologia planar (vários cortes

nos diferentes planos do espaço, nomeadamente nos planos, axial, coronal, sagital e transversal). Se se quiser obter uma imagem panorâmica, o operador pode seleccionar sequências de *voxels* sem interrupções num plano curvado da maxila ou da mandíbula. Se os *voxels* da superfície forem seleccionados, então uma imagem tridimensional será gerada. Assim, a TCFC possibilita o diagnóstico interativo, porque o utilizador consegue controlar a recuperação da informação de diagnóstico, acedendo, deste modo, a mais informação relativa a cada paciente (Angelopoulos & Aghaloo, 2011; Misch, 2015).

Como já foi referido anteriormente, o primeiro passo aquando da colocação de implantes é a determinação da quantidade e qualidade de osso no local potencialmente recetor da estrutura, bem como analisar esse mesmo local em todos os planos do espaço. Na verdade, com esta tecnologia é possível aceder com maior precisão ao volume, altura e largura do osso no local proposto para osteotomia, bem como a localização de estruturas vitais importantes. Após esta avaliação, programas especiais permitem ao utilizador a colocação virtual de implantes nas áreas de interesse, sendo que é permitida a seleção de diferentes tipos de implantes, de diferentes marcas e de variados tamanhos, bem como a seleção de diferentes pilares protéticos que se encontram armazenados na biblioteca virtual. Estas ferramentas possibilitam ao Médico Dentista a colocação de múltiplos implantes paralelamente uns aos outros, sendo possível, desta forma, o fabrico de um modelo cirúrgico para a colocação desses implantes (Boyce & Klemons, 2015; Misch, 2015).

O primeiro passo do processo interativo é a obtenção de impressões em alginato para a confeção de modelos de estudo que vão replicar a estrutura alveolar do paciente, juntamente com um registo de mordida. A partir destes modelos pode optar-se pela elaboração de um enceramento de diagnóstico nos pacientes parcialmente desdentados. Nos pacientes totalmente desdentados existem duas opções: se a prótese estiver correta em termos de estética e função, então pode optar-se por uma duplicação da prótese existente; no entanto, se a prótese não cumprir estes requisitos mínimos a confeção de uma nova prótese pode ser necessária. Este enceramento de diagnóstico é realizado para se obter o resultado protético desejado e pode ser utilizado para demonstrar ao paciente como será esse mesmo resultado, ganhando a sua confiança. A partir deste enceramento de diagnóstico ou da prótese total, vai ser fabricado um modelo radiopaco que o paciente irá usar durante a tomada da TCFC,

sendo que a posição correta dos dentes vai ser transferida para o exame radiográfico e, desta forma, obtém-se uma relação entre a correta posição dos dentes e a topografia óssea subjacente e é possível estabelecer uma posição e angulação precisas dos implantes. Deve ter-se o maior cuidado neste processo, pois a prótese deve estar na sua posição certa e deve existir uma estabilidade e assentamento total da mesma. Na verdade, erros de posicionamento da prótese podem levar a transferência de informações incorretas para o modelo radiográfico (Boyce & Klemons, 2015; Ganz, 2015; Misch, 2015; Mupparapu & Singer, 2004; Nagarajan et al., 2014).

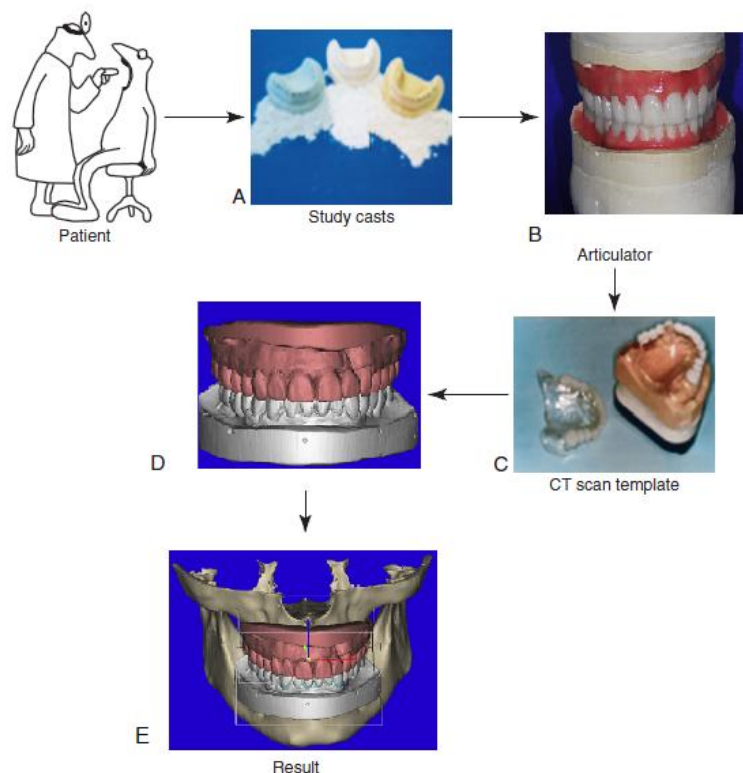


Figura 10 - Obtenção do modelo radiopaco. A - Obtenção dos modelos de estudo; B - Enceramento de diagnóstico ou confecção de prótese total; C - Fabrico do modelo radiopaco; D - Obtenção do exame imagiológico com o modelo radiopaco; E - O passo D permite a criação de um modelo virtual que é sobreposto à imagem obtida e, desta forma, obtém-se uma relação correta entre os dentes e a topografia óssea subjacente e é possível obter uma posição de angulação dos implantes precisa (Fonte – Adaptado de Ganz, 2015; Misch, 2015)

Neste exame imagiológico, como atrás mencionado, as medidas são completamente precisas e a ampliação é praticamente nula, como tal, os modelos de estudo e as guias cirúrgicas esterolitográficas podem ser fabricadas com precisão. Estes modelos radiopacos podem ser depois transformados em modelos cirúrgicos (por um processo chamado estereolitografia), sendo que vão evitar o dano das estruturas vitais (como os nervos e as cavidades sinusais) e vão permitir a colocação precisa dos implantes. Na

verdade, as guias cirúrgicas utilizam tubos de perfuração com guias de osteotomia com diâmetro sucessivo. Estes tubos cilíndricos metálicos correspondem ao número de preparações de osteotomia desejadas e a diâmetros de brocas perfuradoras específicos e determinam a correta posição e angulação com que o implante será colocado, sendo esta angulação muito importante para evitar perfurações corticais em regiões cuja dimensão vestibulo-lingual é reduzida. O diâmetro do tubo de perfuração é, normalmente, apenas 0,2 mm maior que a broca correspondente, portanto um desvio do ângulo de perfuração é altamente improvável (Ganz, 2015; Jaju & Jaju, 2014; Misch, 2015).



Figura 11 - Os modelos radiopacos podem, posteriormente, ser transformados em guias cirúrgicas (Fonte - Misch, 2015)

Através das guias cirúrgicas é possível colocar os implantes planejados na boca do paciente na mesma posição que a definida no plano de tratamento, permitindo uma colocação dos implantes numa posição mais precisa e exata e reduzindo a morbidade do paciente e a possibilidade de danos estruturais. Com estas guias consegue estabelecer-se a relação anatômica entre a reabilitação planejada e a anatomia óssea subjacente. Para além disso, a guia permite incorporar o plano de tratamento tridimensional da reabilitação final no exame imagiológico, bem como ter informação relativa à anatomia do paciente relativa ao local proposto para implante, estética e oclusão e transferir esta informação na altura da cirurgia. No entanto, a perda óssea e de tecidos moles na Periodontite, atrofia dos maxilares, uso de prótese há bastante tempo e a pneumatização dos seios maxilares podem dificultar o uso previsível das guias cirúrgicas convencionais. Alguns *softwares* já permitem a confecção de próteses de carga imediata que são colocadas logo após a finalização da cirurgia de colocação de implantes (Jaju & Jaju, 2014; M. Kumar et al., 2015; Mupparapu & Singer, 2004; Nagarajan et al., 2014).

As guias cirúrgicas podem ser suportadas por osso, dentes ou mucosa. As guias dento-suportadas são utilizadas em casos de desdentados parciais e apoiam-se nos restantes dentes da arcada para proporcionar um correto assentamento da guia. As guias muco-suportadas vão ter o seu apoio na mucosa residual e estão primariamente indicadas em casos de desdentados totais. Já as guias suportadas por osso podem ser utilizadas em casos de desdentados parciais ou totais, mas a sua principal indicação é em desdentados totais com grande atrofia do rebordo e nos quais um bom assentamento da guia muco-suportada é questionável (Ganz, 2015; Jaju & Jaju, 2014; Misch, 2015).

Apesar das vantagens incontestáveis que a cirurgia assistida por computador fornece ao Médico Dentista, nem todas as situações de colocação de implantes devem ser abordadas desta forma, uma vez que este processo é um processo dispendioso, não só em termos monetários como em termos de tempo. Para além disso, a exposição à radiação é bastante aumentada neste tipo de abordagem, sendo que, por vezes, os benefícios clínicos que podem ser obtidos não justificam essa quantidade de radiação. Assim, estas guias cirúrgicas devem ser utilizadas em casos de proximidade de estruturas vitais, posicionamento de implantes crucial para a restauração planeada (nomeadamente, simplificando a fase restauradora quando a via de inserção da prótese é crítica), implantes múltiplos em regiões estéticas, colocação de três ou mais implantes de uma vez, problemas relacionados com a proximidade a dentes adjacentes, volume de osso questionável, colocação de implante sem recorrer a retalho, implantes múltiplos ou reabilitações completas do arco, com ou sem extrações e colocação imediata e Médicos Dentistas em curva de aprendizagem precoce (Jaju & Jaju, 2014; Misch, 2015; Mupparapu & Singer, 2004).

Ressonância Magnética

A Ressonância Magnética (RM) é, tal como a TC, uma técnica quantitativamente precisa com cortes tomográficos exatos e sem distorção (Bhoosreddy et al., 2013; Kalra et al., 2010; Misch, 2015). De facto, é uma técnica de imagiologia de TC que permite a obtenção de cortes finos dos tecidos com grande resolução espacial. Esta técnica imagiológica permite uma completa flexibilidade no posicionamento e angulação dos vários cortes e possibilita a reprodução de múltiplos cortes simultaneamente. As imagens fornecidas pela RM são caracterizadas por *voxels* num

plano medido em *pixels* (512 x 512) ou em milímetros (2 a 3 mm) para aquisição de alta resolução (Manisundar et al., 2014; Misch, 2015).

Esta técnica utiliza os prótons do organismo para obter uma imagem, submetendo o mesmo a campos magnéticos e radiofrequências e utilizando detetores magnéticos e computadores (Bagchi & Joshi, 2012; Kalra et al., 2010; Siu et al., 2010). Na verdade, estas imagens são o resultado dos sinais gerados pelos prótons dos átomos de hidrogénio presentes na água ou na gordura, de tal modo que o osso cortical aparece como sendo radiotransparente ou não apresentando sinal. O osso esponjoso vai aparecer ligeiramente radiopaco porque apresenta medula no seu interior que contém algum grau de gordura (Manisundar et al., 2014; Misch, 2015).

A RM é um meio imagiológico que permite a visualização de estruturas anatómicas, moleculares e funcionais sem recorrer a radiação ionizante (Korn et al., 2015; Shruthi et al., 2013; Siu et al., 2010; Tyndall et al., 2012). De facto, a RM evita os riscos de radiação da TC (Nagarajan et al., 2014; Siu et al., 2010).

A Ressonância Magnética pode ser utilizada em Implantologia quando os meios radiológicos primários como Tomografia Complexa, TC e IMI não resultam e não fornecem a informação relativa à altura e largura do local proposto para implante. Na verdade, a Tomografia Complexa revela falhas na diferenciação do nervo alveolar inferior em 60% dos casos e a TC não permite a diferenciação desta estrutura anatómica em 2% dos casos. Esta dificuldade na diferenciação do nervo dentário inferior pode dever-se à existência de osso trabecular osteoporótico ou um canal alveolar inferior com a cortical diminuída (Bhoosreddy et al., 2013; Kalra et al., 2010; Lingam et al., 2013; Manisundar et al., 2014; Misch, 2015; Siu et al., 2010).

A RM é aplicável em Implantologia quando imagens de tecidos moles estão indicadas (Lingam et al., 2013; Monsour & Dudhia, 2008). Estudos mostraram que a precisão geométrica na identificação do canal alveolar inferior é semelhante na RM e na TC. De facto, este meio radiológico permite a identificação da gordura presente no osso trabecular e permite diferenciar o canal alveolar inferior e o feixe vaso-nervoso do osso trabecular adjacente (Bhoosreddy et al., 2013; Kalra et al., 2010; Lingam et al., 2013; Misch, 2015; Nagarajan et al., 2014). Para além da identificação do feixe vaso-nervoso no interior do canal alveolar inferior, a deteção de processos

inflamatórios ou neoplásicos são as vantagens cruciais deste meio imagiológico (Korn et al., 2015).

Alguns protocolos específicos de RM com volume e imagens transversais orientadas à mandíbula fornecem imagens ortogonais contíguas quantitativas do local proposto para implante. Para além disso, a RM orientada para a região posterior da mandíbula revela-se útil no fornecimento de dimensões quantitativas e permite a diferenciação entre estruturas anatómicas vitais e os locais propostos para implantes (Bhoosreddy et al., 2013; Kalra et al., 2010; Lingam et al., 2013; Manisundar et al., 2014; Misch, 2015).

A presença de metais ferromagnéticos (que possuem alta suscetibilidade magnética) pode levar à distorção do campo magnético e, conseqüentemente, as imagens ficam comprometidas, sendo que este meio imagiológico está contraindicado em pacientes com implantes constituídos por metais ferromagnéticos devido ao risco associado de movimento ou desalojamento destes implantes. Por outro lado, os metais não ferromagnéticos não comprometem as imagens obtidas e os ligas não preciosas ferromagnéticas como, por exemplo, a liga Cromo-Cobalto (Cr-Co) produzem imagens com grande deformação. No entanto, as imagens da RM não são afetadas pelo metal dos implantes Branemark (Monsour & Dudhia, 2008; Nagarajan et al., 2014; Siu et al., 2010).

As restaurações metálicas não vão provocar artefactos em riscas (ao contrário do que acontece na TC), aparecendo na imagem da RM como estruturas pretas. Assim, este meio imagiológico revela-se menos suscetível a próteses, restaurações dentárias e implantes dentários comparativamente à TC (Manisundar et al., 2014).

Estudos recentes indicam que a avaliação da osteointegração dos implantes através da RM apresenta algum potencial. Nesta situação, a grande vantagem da RM é o facto de permitir o seguimento da formação de osso nos estágios iniciais de cicatrização, uma vez que, nesta fase, os tecidos de cicatrização são constituídos predominantemente por água e estruturas não mineralizadas e, como tal, não são acessíveis à imagiologia por raios X. Assim, seria possível a investigação da integração dos implantes de uma forma não destrutiva e sem recorrer a radiação ionizante (Korn et al., 2015).

As imagens transversais da RM são obtidas recorrendo a programas de reformatação convencionais (ao contrário do que acontece com as imagens de TC multiplanares

reformatadas) devido à falta de *software* existente atualmente para suportar os dados obtidos pela RM. Como tal, a RM não se revela útil na caracterização da mineralização óssea nem na identificação de patologia do osso ou dos dentes (Bagchi & Joshi, 2012; Bhoosreddy et al., 2013; Kalra et al., 2010; Lingam et al., 2013; Misch, 2015; Nagarajan et al., 2014; Siu et al., 2010).

A RM não está indicada quando a localização e volume de tecidos calcificados são os principais objetivos do diagnóstico. Para além disso, este meio radiológico também não fornece imagens do osso cortical e, como tal, a estimativa da qualidade do osso pode ser problemática (Siu et al., 2010).

Entre outras limitações da Ressonância Magnética podemos destacar os tempos de scan bastante elevados, o facto do clínico normalmente não estar muito familiarizado com este meio imagiológico e os custos elevados. Para além dos custos elevados já referidos, o outro principal problema da RM é a sensação de claustrofobia do paciente, uma vez que o exame é realizado com o paciente dentro de um cilindro de pequenas dimensões. No fundo, em Implantologia a RM está destinada para interesses de pesquisa e educacionais (Monsour & Dudhia, 2008; Tyndall et al., 2012).

Recomendações da *American Academy of Oral and Maxilofacial Radiology* (AAOMR) para a utilização de meios radiológicos em Implantologia

Os princípios básicos da radiologia podem ser aplicados na avaliação em Implantologia. Na verdade, as imagens obtidas devem fornecer informação diagnóstica de qualidade e não devem conter artefactos que possam comprometer o acesso a estruturas anatómicas vitais de grande importância. Para além disso, as imagens devem-se estender para além da área imediata de interesse, incluindo, também, áreas que possam ser afetadas pela colocação dos implantes. Assim, é de importância fulcral a elaboração de um critério para a seleção do meio radiográfico mais adequado, de forma a complementar os objetivos de cada fase da terapia de implantes (Tyndall et al., 2012).

Em 2012, a *American Academy of Oral and Maxilofacial Radiology* (AAOMR) estabeleceu uma série de recomendações para a seleção do meio radiológico mais adequado nas diferentes fases da terapia com implantes. As recomendações são as seguintes (Jaju & Jaju, 2014; Pauwels, 2015; Tyndall et al., 2012):

1. Exame Inicial:
 - a. Recomendação 1. Na avaliação inicial do paciente potencialmente sujeito à cirurgia de implantes, a radiografia panorâmica deve ser o exame radiológico de primeira escolha;
 - b. Recomendação 2. Para corroborar a informação fornecida pela Ortodontomografia devem ser utilizadas as radiografias periapicais intra-orais;
 - c. Recomendação 3. Nunca se deve usar os meios imagiológicos de corte transversal como exame de eleição para a avaliação inicial do paciente (nomeadamente, a TCFC).
2. Imagiologia pré-operatória específica do local recetor:
 - a. Recomendação 4. O exame radiológico de qualquer local potencialmente recetor do implante deve incluir imagens ortogonais de corte transversal;
 - b. Recomendação 5. O meio imagiológico de eleição para fornecimento de imagens de corte transversal do local potencialmente recetor do implante é a TCFC;
 - c. Recomendação 6. Quando são necessários procedimentos cirúrgicos complexos antes da colocação dos implantes deve ser utilizada a TCFC. Entre esses procedimentos pode destacar-se: elevação do seio maxilar, enxertos ósseos em bloco ou particulados, enxertos do ramo ou da sínfise mandibular, avaliação de dentes impactados na área de interesse ou lesão traumática prévia;
 - d. Em casos de reconstrução óssea e procedimentos de aumento de osso (como por exemplo, preservação do rebordo ou enxertos ósseos) para tratar deficiências de volume ósseo antes da cirurgia de implantes, a TCFC é o meio imagiológico indicado.
3. Imagiologia pós-operatória:
 - a. Recomendação 8. Na ausência de sinais e sintomas clínicos, a avaliação pós-operatória dos implantes a radiografia periapical intraoral deve ser o meio imagiológico utilizado. A Ortodontomografia está indicada para a avaliação pós-operatória em reabilitações com implantes mais extensas;

- b. Recomendação 9. A utilização de meios radiológicos que fornecem imagens de cortes transversais (nomeadamente, a TCFC) na avaliação pós-operatória imediata só deve ser efetuada em casos em que o paciente apresente mobilidade do implante ou sensibilidade alterada (neste último caso, especialmente se o implante estiver posicionado na região posterior da mandíbula);
- c. Recomendação 10. A TCFC não deve ser utilizada na revisão periódica se o implante estiver assintomático;
- d. Recomendação 11. Se a recuperação do implante estiver antecipada, deve ser utilizada a imagiologia de corte transversal (idealmente, a TCFC).

Conclusão

Com a elaboração desta monografia pode concluir-se que com os excelentes meios radiológicos que estão à nossa disposição hoje em dia, o sucesso da terapia com implantes é mais previsível. A seleção do meio imagiológico adequado deve ser feita com base no número e localização dos implantes e na anatomia circundante, sendo que é necessário aplicar um critério de seleção antes de escolher um determinado exame imagiológico para cada paciente.

Apesar de muitos meios imagiológicos estarem disponíveis para fornecer informação diagnóstica relativamente ao local potencialmente recetor do implante, a técnica correta a aplicar deve ser escolhida dependendo do caso e da capacidade do clínico de interpretar a imagem obtida. Na verdade, a escolha da técnica imagiológica pré-operatória deve ter em conta a dose de radiação, o custo de cada exame radiológico e a informação que pode ser fornecida por essa mesma técnica.

Os meios radiológicos referidos anteriormente podem ser simples projeções bidimensionais da anatomia do paciente ou meios radiológicos complexos. As imagens bidimensionais convencionais podem ser rapidamente obtidas, são mais baratas e apresentam menos radiação, no entanto revelam problemas ao nível da distorção, ampliação e sobreposição de estruturas, não permitindo ao Médico Dentista estabelecer uma perspetiva tridimensional da anatomia do paciente através de uma única imagem.

No entanto, em casos mais complexos nos quais a história médica indica problemas médicos significantes ou o exame clínico revelar osso reduzido ou outras anormalidades anatómicas, uma avaliação radiológica mais extensiva pode ser necessária. Assim, os meios radiológicos que fornecem cortes de imagens transversais têm vindo a ser considerados os ideais em situações de colocação de implantes de grau de dificuldade elevado, especialmente em reconstruções complexas.

As radiografias periapicais produzem imagens de alta resolução de regiões limitadas dos maxilares. No entanto, não fornecem informação relativamente à dimensão transversal dos rebordos e, se a técnica do paralelismo não for utilizada, estão sujeitos a distorção e ampliação. Assim, este meio radiológico deve ser sempre executado recorrendo à técnica do paralelismo e pode ser bastante útil na fase pré-operatória da

colocação de implantes como exame inicial complementar da Ortopantomografia e na fase pós-operatória na avaliação da osteointegração do implante e nas consultas de follow-up seguintes.

A radiografia oclusal produz imagens de alta resolução do corpo da mandíbula e do maxilar superior. Apresenta a vantagem de providenciar imagens transversais dos maxilares relativamente à radiografia periapical. No entanto, esta informação diz respeito à porção mais larga da mandíbula por exemplo, sendo que o Médico Dentista pode ser induzido em erro e pensar que existe mais osso disponível para a colocação do implante no sentido vestibulo-lingual do que aquele que realmente existe. De facto, a porção mais larga da mandíbula corresponde à base da mesma, sendo esta região muito maior no sentido vestibulo-lingual que a região da crista do rebordo alveolar. Desta forma, a radiografia oclusal não apresenta grande utilidade na área da Implantologia.

A telerradiografia de perfil pode ser um meio imagiológico útil no plano de tratamento em Implantologia, principalmente em pacientes desdentados totais na colocação de implantes perto da linha média para a colocação de sobredentaduras, apesar de apresentar limitações significativas e as medidas obtidas não serem reais e, portanto, não ser muito utilizada nesta área.

A Ortopantomografia é bastante utilizada para a avaliação pré-cirúrgica do paciente desdentado total e avaliação morfológica antes da reabilitação com implantes osteointegrados e prótese total removível. Apesar de ser um meio imagiológico que auxilia em avaliações preliminares de locais potencialmente recetores de implantes específicos, apresenta erros de projeção, ampliação variável, sobreposição ao nível da região dos pré-molares e não fornece cortes de imagens transversais. Assim, as radiografias panorâmicas não são sempre totalmente úteis para a avaliação pré-operatória na colocação de implantes. No entanto, nem sempre é necessário recorrer à TC ou à TCFC para a avaliação pré-operatória do paciente, uma vez que existem outros métodos clínicos para avaliar a dimensão transversal do rebordo, nomeadamente o exame manual superficial. De facto, a largura do rebordo e as estrangulações linguais podem ser avaliadas através deste exame. Para além disso, os aparelhos de ortopantomografia mais recentes estão mais desenvolvidos e permitem reduzir a distorção significativamente.

A TC e a TCFC têm vindo a alterar o plano de tratamento e os procedimentos de diagnósticos dos Médicos Dentistas. Na verdade, a TCFC fornece imagens precisas e confiáveis que permitem a visualização tridimensional das regiões maxilofaciais. O desafio para o futuro é reduzir os tempos de exposição e os níveis de radiação. Através deste meio radiológico foi possível aos Médicos Dentistas o estabelecimento de planos de tratamento tridimensionais do paciente e a planear os procedimentos protéticos e cirúrgicos através do computador. No entanto, as cirurgias guiadas por computador continuam a depender de um diagnóstico cuidadoso, utilizando ferramentas que a imagiologia tridimensional fornece juntamente com o *software* interativo de planos de tratamento.

A RM é utilizada como uma técnica imagiológica secundária em Implantologia, sendo capaz de diferenciar a gordura no osso trabecular e o canal alveolar inferior, bem como o feixe vaso-nervoso que passa nesse mesmo canal. No entanto, não é muito utilizada quando se pode recorrer aos meios radiológicos primários como a TC, TCFC ou imagiologia de diagnóstico interativo.

Assim, pode referir-se que a avaliação imagiológica inicial deve ser obtida através da Ortopantomografia e, se necessário, complementá-la com a radiografia periapical. Contudo, continua a ser necessário obter informações das dimensões transversais dos maxilares e, como tal, a TCFC é recomendada como o método ideal para obter imagens transversais dos maxilares na avaliação pré-operatória em Implantologia. Apresenta a melhor capacidade diagnóstica e um risco de radiação aceitável e o protocolo de utilização deve recorrer ao menor campo de visão possível e ótimos parâmetros de exposição. Na avaliação pós-operatória do implante, o indicado é recorrer à monitorização através de radiografias periapicais e, em casos específicos, à radiografia panorâmica.

Bibliografia

- Abramovitch, K., & Rice, D. D. (2014). Basic principles of cone beam computed tomography. *Dental Clinics of North America*, 58(3), 463–484.
- Alamri, H. M., Sadrameli, M., Ashalhoob, M. A., Sadrameli, M., & Alshehri, M. A. (2012). Applications of CBCT in Dental Practice A Literature Review. *General Dentistry*, XVIII(Ii), 26–31.
- Al-Okshi, a, Lindh, C., Salé, H., Gunnarsson, M., & Rohlin, M. (2015). Effective dose of cone beam CT (CBCT) of the facial skeleton: a systematic review. *The British Journal of Radiology*, 88(1045), 20140658.
- Angelopoulos, C., & Aghaloo, T. (2011). Imaging Technology in Implant Diagnosis. *Dental Clinics of North America*, 55(1), 141–158.
- Anusavice, K. J., Shen, C., & Rawls, H. R. (2013). *Phillip's Science of Dental Materials* (12th ed.). Elsevier Inc.
- Bagchi, P., & Joshi, N. (2012). Role of Radiographic Evaluation in Treatment Planning for Dental Implants : A Review, 1(1), 21–25.
- Bagga, M., Singh, R., Paul, E. C., Laller, S., Malik, M., & Fanan, S. (2014). Diagnostic Imaging For Dental Implants, 243–254.
- Bhoosreddy, A. R., Bhoosreddy, S., & Shirsekar, V. U. (2013). Implant Imaging, 3(December), 127–132.
- Boeddinghaus, R., & Whyte, A. (2008). Current concepts in maxillofacial imaging. *European Journal of Radiology*, 66(3), 396–418.
- Boyce, R. a., & Klemons, G. (2015). Treatment Planning for Restorative Implantology. *Dental Clinics of North America*.
- 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.
- Frederiksen, N. L. (1995). Diagnostic imaging in dental implantology. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontics*, 80(5), 540–554.
- Ganz, S. D. (2015). Three-Dimensional Imaging and Guided Surgery for Dental Implants. *Dental Clinics of North America*, 59(2), 265–290.
- Greenberg, A. M. (2015). Cone Beam Computed Tomography Scanning and Diagnosis for Dental Implants. *Oral and Maxillofacial Surgery Clinics of North America*, 27(2), 185–202.

- Guerrero, M. E., Noriega, J., Castro, C., & Jacobs, R. (2014). Does cone-beam CT alter treatment plans? Comparison of preoperative implant planning using panoramic versus cone-beam CT images. *Imaging Science in Dentistry*, 44(2), 121–128.
- Gupta, J., & Ali, S. P. (2013). Cone beam computed tomography in oral implants. *National Journal of Maxillofacial Surgery*, 4(1), 2–6.
- Jaju, S. P., & Jaju, P. P. (2014). Clinical utility of dental cone-beam computed tomography : current perspectives, 29–43.
- Kalra, D., Jain, G., Deoghare, A., & Lambade, P. (2010). Role of Imaging in Dental Implants. *Journal of Indian Academy of Oral Medicine and Radiology*, (22), 34–38.
- Kim, Y. K., Park, J. Y., Kim, S. G., Kim, J. S., & Kim, J. D. (2011). Magnification rate of digital panoramic radiographs and its effectiveness for pre-operative assessment of dental implants. *Dentomaxillofacial Radiology*, 40(2), 76–83.
- Klinge, B., Petersson, A., Maly, P. (1989). Location of the mandibular canal: comparison of macroscopic findings, conventional radiography, and computed tomography. *The International Journal of Oral & Maxillofacial Implants*, 4(4), 327-332.
- Korn, P., Elschner, C., Schulz, M. C., Range, U., Mai, R., & Scheler, U. (2015). MRI and dental implantology: Two which do not exclude each other. *Biomaterials*, 53, 634–645.
- Kumar, A. N., Agrawal, G., Agrawal, A., Sreedevi, & Kakkad, A. (2014). Journey from 2D to 3D : Implant imaging a review, 1–5.
- Kumar, M., Shanavas, M., Sidappa, A., & Kiran, M. (2015). Cone Beam Computed Tomography - Know its Secrets, 7(November 2014), 1–5.
- Liang, X. H., Kim, Y.-M., & Cho, I.-H. (2014). Residual bone height measured by panoramic radiography in older edentulous Korean patients. *The Journal of Advanced Prosthodontics*, 6(1), 53–9.
- Lingam, A., Reddy, L., Nimma, V., & Pradeep, K. (2013). “Dental implant radiology” emerging concepts in planning implants. *Journal of Orofacial Sciences*, 5(2), 88.
- Manisundar, N., Hemalatha, B. S. V. T., Manigandan, T., & Amudhan, A. (2014). Implant Imaging - A Literature Review, 11(April), 179–187.
- Misch, C. E. (2015). *Dental Implant Prosthetics* (2nd Editio). Elsevier Inc.
- Monsour, P. a., & Dudhia, R. (2008). Implant radiography and radiology. *Australian Dental Journal*, 53(SUPPL. 1).

- Monteiro, C. (2014). Planejamento radiográfico e tomográfico para instalação de implantes dentários, 17–22.
- Mupparapu, M., & Singer, S. R. (2004). Implant imaging for the dentist. *Journal of the Canadian Dental Association*, 70(1).
- Nagarajan, A., Namasivayam, A., Perumalsamy, R., & Thyagarajan, R. (2014). Diagnostic Imaging for Dental Implant Therapy. *Journal of Clinical Imaging Science*, 4(2), 4.
- Ogle, O. E. (2015). Implant Surface Material, Design, and Osseointegration. *Dental Clinics of North America*.
- Papavassiliou, H., Kourtis, S., Katerelou, J., & Chronopoulos, V. (2010). Radiographical evaluation of the gap at the implant-abutment interface. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, 22(4), 235–250.
- Park, J. B. (2010). The evaluation of digital panoramic radiographs taken for implant dentistry in the daily practice. *Medicina Oral, Patologia Oral Y Cirugia Bucal*, 15(4), 4–7.
- Pauwels, R. (2015). CONE BEAM CT FOR DENTAL AND MAXILLOFACIAL IMAGING : DOSE MATTERS, 1–6.
- Pikner, S. S. (2008). *Radiographic follow-up analysis of Brånemark dental implants. Swedish dental journal. Supplement*.
- Shah, N., Bansal, N., & Logani, A. (2014). Recent advances in imaging technologies in dentistry. *World Journal of Radiology*, 6(10), 794.
- Shiki, K., Tanaka, T., Kito, S., Wakasugi-Sato, N., Matsumoto-Takeda, S., Oda, M., ... Morimoto, Y. (2014). The significance of cone beam computed tomography for the visualization of anatomical variations and lesions in the maxillary sinus for patients hoping to have dental implant-supported maxillary restorations in a private dental office in Japan. *Head & Face Medicine*, 10(1), 20.
- Shruthi, M., Sangeetha, R., Singh, A. K., Kini, R., & Naik, V. (2013). To Implant or not to Implant?: The Role of Imaging. *Journal of Orofacial Research*, 210–217.
- Siu, A. S., Chu, F. C., Ka-Lun Li, T., Chow, T.-W., & Deng, F.-L. (2010). Imaging modalities for preoperative assessment in dental implant therapy : an overview Panoramic radiography, (852), 23–30.
- Tagliareni, J. M., & Clarkson, E. (2015). Basic Concepts and Techniques of Dental Implants. *Dental Clinics of North America*, 59(2), 255–264.
- Tyndall, D. a., Price, J. B., Tetradis, S., Ganz, S. D., Hildebolt, C., & Scarfe, W. C. (2012). Position statement of the American Academy of Oral and Maxillofacial Radiology on selection criteria for the use of radiology in dental implantology

- with emphasis on cone beam computed tomography. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology and Oral Radiology*, 113(6), 817–826.
- Vandenberghe, B., Jacobs, R., & Bosmans, H. (2010). Modern dental imaging: A review of the current technology and clinical applications in dental practice. *European Radiology*, 20(11), 2637–2655.
- Vazquez, L., Nizamaldin, Y., Combescure, C., Nedir, R., Bischof, M., Dohan Ehrenfest, D. M., ... Belser, U. C. (2013). Accuracy of vertical height measurements on direct digital panoramic radiographs using posterior mandibular implants and metal balls as reference objects. *Dentomaxillofacial Radiology*, 42(2).
- Vazquez, L., Saulacic, N., Belser, U., & Bernard, J. P. (2008). Efficacy of panoramic radiographs in the preoperative planning of posterior mandibular implants: A prospective clinical study of 1527 consecutively treated patients. *Clinical Oral Implants Research*, 19(1), 81–85.
- Wadhvani, C. P. K., Schuler, R., Taylor, S., & Chen, C. S. K. (2012). Intraoral radiography and dental implant restoration. *Dentistry Today*, 31(8).
- Wakoh, M., Harada, T., Otonari, T., Otonari-Yamamoto, M., Ohkubo, M., Kousuge, Y., ... Sano, T. (2006). Reliability of linear distance measurement for dental implant length with standardized periapical radiographs. *The Bulletin of Tokyo Dental College*, 47(3), 105–115.
- White, Stuart C., Pharoah, Michael J. (2014). *Oral Radiology: Principles and Interpretation* (7th Edition). Elsevier Inc.
- Williamson, G. F. (2011). Best Practices in Intraoral Digital Radiography. *Www.Rdhmag.Com*, 80–87.
- Yepes, J. F., & Al-Sabbagh, M. (2015). Use of Cone-Beam Computed Tomography in Early Detection of Implant Failure. *Dental Clinics of North America*, 59(1), 41–56.
- Zdešar, U., Fortuna, T., Valantič, B., & Škrk, D. (2008). Is digital better in dental radiography? *Radiation Protection Dosimetry*, 129(1-3), 138–139.
- Zhang, D., & Zheng, L. (2015). Dental implants. In M. S. Viridi (Ed.), *Emerging Trends in Oral Health Sciences and Dentistry* (pp. 265–286). InTech.