



INSTITUTO UNIVERSITÁRIO EGAS MONIZ

MESTRADO INTEGRADO EM MEDICINA DENTÁRIA

DIAGNÓSTICO EM IMPLANTOLOGIA DENTÁRIA: A IMPORTÂNCIA DA IMAGIOLOGIA NO PLANEAMENTO PRÉ-OPERATÓRIO

Trabalho submetido por
Inês Alexandra Salgueiro Morgado
para a obtenção do grau de Mestre em Medicina Dentária

Junho de 2019



INSTITUTO UNIVERSITÁRIO EGAS MONIZ

MESTRADO INTEGRADO EM MEDICINA DENTÁRIA

DIAGNÓSTICO EM IMPLANTOLOGIA DENTÁRIA: A IMPORTÂNCIA DA IMAGIOLOGIA NO PLANEAMENTO PRÉ-OPERATÓRIO

Trabalho submetido por
Inês Alexandra Salgueiro Morgado
para a obtenção do grau de Mestre em Medicina Dentária

Trabalho orientado por:
Prof. Doutor José Grillo Evangelista

Junho de 2019

Agradecimentos

Nesta etapa final do meu percurso acadêmico gostaria de agradecer a todos aqueles que, de alguma forma, contribuíram para a concretização de todos os meus objetivos. Quero também frisar que quaisquer palavras escritas não serão suficientes para expressar toda a minha gratidão.

À minha mãe, Lina, que ao longo destes cinco anos foi um apoio incansável, o meu porto de abrigo, a minha força nos momentos menos bons. A, ela, a minha inspiração diária, o meu exemplo a seguir, um “obrigada” muito especial.

Ao meu pai, Paulo, o homem da minha vida, e um exemplo que eu sigo com a maior admiração. Sem dúvida que foi e é um apoio fundamental no meu percurso acadêmico e no meu percurso de vida.

Aos meus irmãos, os meus príncipes, meus grandes amores, que me fazem acreditar que tudo é possível.

À minha sobrinha, Iara, que apesar de ainda ser muito pequenina e não ter ainda noção do que significou no meu percurso e significa no meu dia-a-dia, é a razão do meu sorriso e da minha força.

À minha parceira de box, Ana Rita Carmo, por toda a amizade e por ter partilhado comigo grandes momentos, sobretudo nos últimos dois anos de curso.

Ao meu grande amigo Angel, pelo apoio constante, por toda a motivação que diariamente fazia chegar até mim. O meu anjo da guarda, um amigo que levo para a vida inteira e que guardo com o meu carinho do mundo.

À minha amiga Catarina, por todo o companheirismo e amizade. Obrigada por nunca me teres deixado desistir e acima de tudo por me mostrares que quaisquer encruzilhadas que a vida nos coloque podem ser superadas.

Ao meu orientador Professor Doutor José Grillo Evangelista, que mostrou uma enorme disponibilidade para me auxiliar em todas as fases da construção desta tese. Tenho a certeza que não poderia ter feito melhor escolha.

Resumo

O implante dentário é um material aloplástico colocado no maxilar ou na mandíbula, abaixo da camada mucosa. É um dispositivo que tem ganho ampla popularidade nos últimos anos, sendo uma alternativa extremamente viável à tradicional reabilitação por intermédio de uma prótese removível ou fixa. É considerado o melhor tratamento reabilitador da Medicina dentária na substituição de dentes perdidos ou ausentes e reposição da função e da estética, mas é o Médico Dentista o responsável por identificar e avaliar todos os critérios relevantes para a escolha do tratamento mais adequado ao paciente.

Uma avaliação adequada e um correto plano de tratamento pré-operatório, são imprescindíveis para o sucesso da terapêutica com implantes. A imagiologia é essencial para selecionar os candidados mais aptos à colocação do implante, auxilia na identificação do local a colocar e deve, sobretudo, permitir a identificação das estruturas anatómicas vitais, como o seio maxilar, as fossas nasais, o buraco palatino e o canal incisivo, no caso de implantes na maxila; e o canal alveolar inferior e o buraco mentoniano, em implantes mandibulares. Para além disso, auxilia na verificação da necessidade ou não de uma cirurgia pré-implante; na determinação da qualidade e quantidade óssea; e deteção de processos patológicos no local selecionado para a colocação do implante e que podem inviabilizar a sua colocação.

Meios radiográficos intra e extra-orais, bi ou tridimensionais, podem ser utilizados para este efeito. A radiografia periapical, radiografia oclusal, radiografia cefalométrica, ortopantomografia, imagem DentaSan, tomografia convencional, tomografia computadorizada, tomografia computadorizada de feixe cónico e ressonância magnética são os mais empregues. Numa fase inicial, recomenda-se a utilização da ortopantomografia, complementada, se necessário, com as radiografias periapicais. Mas quando são precisas imagens transversais, o CBCT deve ser a técnica de eleição na aquisição de imagens pré-operatórias para a realização da cirurgia de implantes.

Palavras-Chave: Implante Dentário; Imagiologia; Rx extra-oral; Rx intra-oral

Abstract

The dental implant is an alloplastic material placed in the jawbone or mandible, below the mucosal layer. It is a technic that has gained wide popularity in recent years, being an extremely viable alternative to traditional rehabilitation through a removable or fixed prosthesis. It is considered the best rehabilitative treatment of dental medicine in the replacement of lost or missing teeth and replacement of function and aesthetics, but it is the Dentist who is responsible for identifying and evaluating all relevant criteria for choosing the most appropriate treatment for the patient.

Proper evaluation and a correct preoperative plan are important for successful implant treatment. Imaging is essential to select the most suitable candidates for placement of the implant, it helps to identify the site to be placed and must, above all, allow identification of vital anatomical structures, such as the maxillary sinus, nasal fossae, palatine foramen and incisor canal, in the case of implants in the maxilla; and the inferior alveolar canal and the mentonian foramen, in mandibular implants. In addition, they assist in verifying the need for pre-implant surgery, in determining bone quality and quantity and detecting pathological processes at the local selected for implant placement that may make it unfeasible.

Intra-and extra-oral radiographic means, bi or three-dimensional, may be used for this purpose. Periapical radiography, occlusal radiography, cephalometric radiography, orthopantomography, DentaScan imaging, conventional tomography, CT scan, concomitant CT scan and MRI are the most commonly used. In an initial phase, it is recommended to use orthopantomography, supplemented, if necessary, with periapical radiographs, but when transverse images are required, CBCT should be the technique of choice in the acquisition of preoperative images for the implants.

Keywords: Dental Implant; Imaging; Extraoral Rx; Intraoral Rx

Índice

Índice de Figuras	4
Índice de Tabelas.....	6
Índice de Siglas	7
I- INTRODUÇÃO	9
II- DESENVOLVIMENTO	13
1. TÉCNICAS DE DIAGNÓSTICO BIDIMENSIONAIS	14
1.1. RADIOGRAFIA PERIAPICAL	14
1.2. RADIOGRAFIAS PERIAPICAIS COM GRADE	19
1.3. RADIOGRAFIAS DIGITAIS.....	21
1.4. ORTOPANTOMOGRAFIA	25
1.5. ZONOGRAFIA.....	31
1.6. PAPEL DAS RADIOGRAFIAS BIDIMENSIONAIS NO PLANEAMENTO PRÉ-OPERATÓRIO.....	31
2. TÉCNICAS DE DIAGNÓSTICO TRIDIMENSIONAIS	37
2.1. TOMOGRAFIA CONVENCIONAL	37
2.2. TOMOGRAFIA COMPUTORIZADA	43
2.3. DENTASCAN.....	54
2.4. TOMOGRAFIA COMPUTORIZADA INTERATIVA	57
2.5. TOMOGRAFIA COMPUTORIZADA DE FEIXE CÓNICO	63
2.6- RESSONÂNCIA MAGNÉTICA	82
2.7- RECOMENDAÇÃO DA <i>AMERICAN ACADEMY OF ORAL AND MAXILOFACIAL RADIOLOGY (AAOMR)</i> PARA USAR MEIOS RADIOLÓGICOS EM IMPLANTOLOGIA.....	85
2.8 COMPARAÇÃO ENTRE OS DIVERSOS MEIOS RADIOGRÁFICOS E A SUA APLICAÇÃO EM IMPLANTOLOGIA.....	87
III- CONCLUSÃO	92
IV. BIBLIOGRAFIA.....	94

Índice de Figuras

Figura 1- Técnica do paralelismo. O raio central dirige-se para o plano bissetor imaginário, adaptado de White & Pharoah, (2015).....	15
Figura 2- Técnica da bissetriz. O raio central é direcionado perpendicularmente ao longo do eixo do dente e do recetor, adaptado de White & Pharoah, (2015).....	16
Figura 3- Radiografia periapical com grade utilizada no planeamento pré-operatório para a colocação de um implante dentário na região de ausência do 46 e que permitiu medir a distância entre o topo da crista alveolar e o córtex superior do canal alveolar, adaptado de Deshpande & Bhargava, (2014).....	20
Figura 4- CBCT da mesma região apresentada na figura 3 e que mostra que a distância obtida entre o topo da crista alveolar e o córtex superior do canal alveolar inferior é de 15,6mm, adaptado de Deshpande & Bhargava, (2014).....	20
Figura 5- A- demonstração da largura óssea na região anterior. B- o que as radiografias oclusais mostram é a maior distância vestibulo-lingual (setas vermelhas) e a verdadeira largura do osso (seta verde), adaptado de Misch, (2008).....	23
Figura 6- Posicionamento do paciente para obtenção de uma ortopantomografia	26
Figura 7- Princípios de formação de uma ortopantomografia, adaptado de White & Pharoah, (2015).....	27
Figura 8- Campo focal, adaptado de White & Pharoah, (2015).....	28
Figura 9- Medição da distância entre um elemento dentário e o buraco mentoniano. A- correta angulação do feixe de raios X. B- inclinação oblíqua para distal (valores de distância aumentados. C- inclinação oblíqua para mesial (distância diminuída), adaptado de Misch, (2008)	33
Figura 10- A- ortopantomografia: imagem pré-operatória. B- a mesma imagem pré-operatória para ver o comprimento do implante a colocar com recurso a uma escala graduada de implantes que é fornecida pelo fabricante. C- imagem pós-operatória com implantes colocados a uma distância de 2mm entre a ponta do implante e o canal mandibular, adaptado de Vazquez et al., (2008)	34
Figura 11- Corte transversal obtido com a técnica de Tomografia Convencional, adaptado de Misch, (2008)	42
Figura 12- A- múltiplas projeções feitas em redor do paciente 360°. B- é construída uma imagem plana única a partir das características de absorção do objeto, sendo exibidas com diferenças de densidade óticas. C- a imagem consiste numa matriz de pixels que	

representa o voxel. D, os voxels cúbicos podem ser criados a partir do voxel retangular original. E, formação de imagens 3D e multiplanares, adaptado de White e Pharoah, (2015)	44
Figura 13- Corte panorâmico que permite visualizar as fossas nasais e os seios maxilares, adaptado de Alcoforado & Redinha, (2008)	50
Figura 14- Corte panorâmico que permite visualizar os foramina mentonianos e o trajeto dos nervos alveolares inferiores, adaptado de Alcoforado & Redinha, (2008).....	50
Figura 15- Corte axial que permite visualizar a posição do canal mandibular e a morfologia do rebordo ósseo nessa zona, adaptado de Alcoforado & Redinha, (2008).	50
Figura 16- Cortes axiais, com distância de 1mm, utilizando uma escala de medição, adaptado de Alcoforado & Redinha, (2008)	51
Figura 17- Guia diagnóstico e cirúrgico: tomografia computadorizada interativa com cirurgia eletrônica. A- confecção do guia diagnóstico, com fios ortodônticos colocados na superfície vestibular para indicar a orientação do implante. B- confecção do guia cirúrgico pela modificação do guia de diagnóstico, adaptado de Misch, (2006)	59
Figura 18- A- scanning com TC que apenas obtém um corte fino em cada rotação em torno do paciente. B- scanning com CBCT que captura todos os dados numa só rotação, adaptado de Misch, (2008).....	69

Índice de Tabelas

Tabela 1. Quadro que demonstra a densidade absoluta e quantitativa das estruturas e que é usada para diferenciar tecidos de uma região e determinar a qualidade óssea, adaptado de Misch, (2008)	46
Tabela 2. Qualidade do osso determinada pela TC, adaptado de Misch, (2008)	47
Tabela 3. Recomendação da avaliação das imagens pré-operatórias, adaptado de Misch, (2008)	63
Tabela 4. Comparação das doses de radiação emitidas pelos vários dispositivos de CBCT disponíveis, adaptado de Guerrero et al., (2006).....	66
Tabela 5. Comparação das doses de radiação emitidas pela ortopantomografia, CBCT e CT em espiral, adaptado de Guerrero et al., (2006)	68
Tabela 6- Diferenças entre a TC convencional e o CBCT, adaptado de Madhav, (2011)	81
Tabela 7. Comparação entre os vários meios radiológicos e sua utilidade em Implantologia, adaptado de Dattatreya et al., (2016)	87

Índice de Siglas

AAOMR- *american academy of oral and maxilofacial radiology*

ACR-NEMA- associação americana de fabricantes de equipamentos elétricos de radiologia

ALADAIP- *as low as diagnostically acceptable being indication-oriented and patient-specific*

ALARA- *as low as reasonably achievable*

ATM- articulação temporo-mandibular

CCD- dispositivos de carga acoplada

DICOM- dados de imagem digital e comunicação em medicina

EAO- associação europeia de osteointegração

TC- tomografia computadorizada

TCI- tomografia computadorizada interativa

CBCT- tomografia computadorizada de feixe cônico

FOV- campo de visão

mSv- *microsievers*

2D- bidimensional

3D- tridimensional

I- INTRODUÇÃO

A reabilitação oral de pacientes parcialmente ou totalmente edêntulos é um dos grandes desafios da Medicina Dentária e a Implantologia tem demonstrado um papel primordial para atender às necessidades destes doentes que veem a sua qualidade de vida melhorada (Santos, 2014). A perda dentária é muito comum e pode acontecer como resultado de doença ou trauma portanto, o uso de implantes tem ganho cada vez mais adeptos e cerca de 100.000-300.000 são colocados anualmente (Gaviria, Salcido, Guda, & Ong, 2014). A perda de dentes introduz inúmeras alterações nestas pessoas, que estão mais limitadas na sua alimentação, dando prioridade a uma dieta com alimentos mais líquidos e moles. Frequentemente desenvolvem síndromes de dor facial, dificuldades na fonética, alterações do funcionamento do sistema estomatognático e problemas psicológicos; estes últimos consequência de alterações na sua autoimagem e autoestima (Delbalso, Greiner, & Licata, 1994).

A reabilitação oral com implantes, tem sido cada vez mais aceite como forma permanente de substituição de dentes ausentes e reposição da função e estética. Contudo, nem todos os candidatos à colocação de implantes são aceites, pois fatores como a qualidade e quantidade de osso ou a utilização de prótese (que aumenta a reabsorção óssea), podem ser condições limitantes (Delbalso et al., 1994; Kumar, Agrawal, Agrawal, Kakkad, & Sreedevi, 2014; Sharma et al., 2018).

O implante, é um material aloplástico colocado no maxilar ou na mandíbula, abaixo da camada mucosa (Nagarajan, Namasivayam, Perumalsamy, & Thyagarajan, 2014). É colocado de forma a substituir a raiz ausente e suportar uma prótese dentária fixa ou removível, oferecendo uma ótima solução a longo prazo, com elevadas taxas de sucesso; na mandíbula, é de 95% a 5 anos e na maxila é de 90% a 5 anos, sendo inferior, devido à menor densidade óssea da maxila que torna mais difícil o processo de colocação e osteointegração. A osteointegração é a ligação estrutural e funcional entre o osso e a superfície do implante, sendo que, se considera que um implante está osteointegrado quando não existe movimento entre ambas as superfícies após um período que vai de 3 a 6 meses (Gaviria et al., 2014).

Embora demonstrem elevadas taxas de sucesso, os implantes podem falhar por várias razões, como a falta de osteointegração e a peri-implantite. Os implantes

classificam-se de acordo com a sua forma e relação com a estrutura óssea, podendo ser subperiósseos, transósseos e endo-ósseos, sendo que os endo-ósseos osteointegrados são os mais utilizados atualmente, apresentando-se sob várias formas, tamanhos e superfícies e dispõem de vários componentes protéticos (Alcoforado & Redinha, 2008; Gaviria et al., 2014; Zhang & Zheng, 2015).

A avaliação e o planeamento pré-operatório são imprescindíveis e uma das principais formas de o fazer é através dos exames radiográficos. Para além de serem essenciais na seleção dos candidatos aptos à colocação do implante, podem também auxiliar na identificação de locais adequados para a sua colocação e favoráveis ao processo de osteointegração; auxiliar na seleção do tamanho do implante; verificar a necessidade de cirurgia pré-implante; identificar estruturas anatómicas vitais, como o nervo alveolar, o seio maxilar, canais incisivos da mandíbula, buraco e canais genianos, canal incisivo e buraco da maxila (Delbalso et al., 1994; Madhav, 2011; Monsour & Dudhia, 2008).

Para a colocação de implantes com segurança, fatores como a altura, a largura e o contorno exato da crista alveolar devem ser determinados (Zohrabian, Sonick, Hwang, & Abrahams, 2018). Assim, a realização de radiografias pré-cirúrgicas tem como objetivo a avaliação da quantidade e qualidade óssea, a angulação do osso, selecionar os locais de potencial colocação do implante, verificar ausência de patologias no local e avaliar o estado dos dentes, da maxila e da mandíbula (Misch, 2008; Misch E., 2006; Zohrabian et al., 2018).

Meios radiográficos intra e extra-orais, podem ser utilizados no planeamento pré-operatório e a sua seleção deve ser feita com base no número e tipo de implantes, localização, anatomia circundante, quantidade, extensão e qualidade óssea, aplicando estes critérios de forma personalizada a cada paciente (Bagga et al., 2014; Nagarajan et al., 2014). A seleção destes meios deve obedecer a alguns critérios:

1. O número e tipo de imagens deve ser adequado para fornecer informações anatómicas essenciais ao planeamento.
2. A técnica de obtenção de imagens selecionada deve permitir a aquisição de informações com precisão e dimensão adequadas;
3. Independentemente do exame radiográfico escolhido, o emissor (aparelho radiológico) e o recetor (paciente) devem ser posicionados de forma a minimizar a distorção da imagem;

4. Deve haver uma relação de equilíbrio dose de radiação-custo financeiro no momento da seleção do meio radiográfico, e deve ser seguido o princípio “as low as reasonably achievable” (ALARA), que se baseia na escolha da técnica de diagnóstico que emita menor radiação para o paciente (Bagga et al., 2014; BouSerhal, Jacobs, Quiryren, & Steenberghe, 2002; Jayadevappa, Kodhandarama, Santosh, & Wani, 2010).

Segundo Pharoah MJ 1993, a modalidade de imagem a selecionar deve ter como características ideais:

- a. Imagens transversais para visualização da relação espacial de estruturas como o canal alveolar inferior e para obter dimensões precisas nos planos vertical e horizontal;
- b. Mínima distorção da imagem para permitir medições precisas;
- c. Representar a densidade do osso esponjoso e a espessura das corticais ósseas para verificar a estabilização inicial do implante;
- d. Relação espacial entre a mandíbula e a maxila, quando observadas em corte transversal;
- e. Um meio simples de identificar a localização exata de cada imagem transversal ao local do implante;
- f. Prontamente disponíveis e com um custo razoável;
- g. Menor dose de radiação possível para o paciente (Jayadevappa et al., 2010; Sharda & Kant, 2012).

Antigamente, as radiografias periapicais, as radiografias oclusais e as ortopantomografias, que fornecem imagens bidimensionais, eram considerados os principais meios de diagnóstico e planeamento da cirurgia de colocação de implantes. Contudo, com o desenvolvimento da tecnologia radiográfica, foi possível obter imagens tridimensionais através da ressonância magnética, tomografia computadorizada convencional e tomografia computadorizada de feixe cónico. Estes métodos tridimensionais são considerados melhores para o planeamento, uma vez que eliminam alguns problemas das técnicas convencionais, como a distorção de imagem e a ampliação. A tomografia computadorizada tem sido substituída pela tomografia computadorizada de feixe cónico, que permite a obtenção de imagens com baixa dose de radiação e com um custo relativamente baixo, comparativamente à tomografia convencional cuja dose de radiação e o custo são mais elevados (Kumar et al., 2014).

A aplicação destes meios não se cinge somente ao pré-operatório, sendo também importantes ao longo de todo o procedimento intra-operatório e, mais tarde, no pós-

operatório, permitindo identificar fatores anatômicos e biológicos que condicionam o sucesso ou falha do implante, como a falta de osteointegração e invasão de estruturas anatômicas vitais (Bagga et al., 2014; Kumar et al., 2014).

Assim, a imagem radiográfica é útil em 3 fases da terapêutica com implantes:

-A fase 1 (fase do implante pré-protético), onde possibilita a determinação da qualidade, quantidade e angulação óssea, a presença ou ausência de patologias no local onde será colocado e a relação com estruturas anatômicas vitais (Aravind, Dhanraj, & Jain, 2018; Kumar et al., 2014; Misch, 2008; Nagarajan et al., 2014; Sharda & Kant, 2012).

-A fase 2 (fase cirúrgica e intervencional do implante) onde as imagens auxiliam na determinação do local, posicionamento e orientação do implante, determinam a fase de integração e cicatrização e ajudam na colocação do pilar na posição adequada, para que posteriormente seja feita a reabilitação protética sobre o mesmo (Aravind et al., 2018; Kumar et al., 2014; Misch, 2008; Nagarajan et al., 2014; Sharda & Kant, 2012).

-A fase 3 (imagem pós-protética do implante) tem início após a colocação da prótese sobre o implante e prolonga-se durante a permanência do mesmo na cavidade oral. Nesta fase, a avaliação radiográfica é útil para verificar o nível de integração do implante e avaliar o seu prognóstico a longo prazo, permitindo verificar se existem alterações na sua posição, avaliar o nível ósseo em redor do implante, bem como o volume e o nível de mineralização existente (Aravind et al., 2018; Kumar et al., 2014; Misch, 2008; Nagarajan et al., 2014; Sharda & Kant, 2012).

Esta monografia tem como objetivos:

1. Referenciar os meios imagiológicos utilizados no diagnóstico em Implantologia, com as suas respectivas vantagens e desvantagens;
2. Comparar a precisão e eficácia dos meios radiológicos na identificação de estruturas anatômicas vitais e no planejamento cirúrgico do implante.

II- DESENVOLVIMENTO

Atualmente, com a evolução tecnológica, existe uma ampla disponibilidade de meios complementares de diagnóstico que podem ser aplicados à implantologia. Contudo, apesar dos avanços no que concerne à precisão e qualidade de imagem, o custo e a exposição à radiação continuam a ser uma preocupação constante (Bagga et al., 2014; Deshpande & Bhargava, 2014; Jayadevappa et al., 2010; Thakkar & Rai, 2017).

O sucesso de qualquer procedimento cirúrgico de implantes está dependente de uma correta e cuidadosa seleção e preparação do paciente, que é feita através das técnicas de imagem disponíveis, já que a avaliação radiográfica pré-cirúrgica é uma etapa fundamental do processo (Bagga et al., 2014; Deshpande & Bhargava, 2014; Jayadevappa et al., 2010; Thakkar & Rai, 2017).

Até ao final da década de 80, existia um consenso quanto à utilização das técnicas radiográficas convencionais, como as radiografias intraorais, radiografias cefalométricas e a ortopantomografia, pelo que se tornaram um padrão aceite. As radiografias intraorais juntamente com a ortopantomografia eram os únicos fatores a ter em conta no diagnóstico e planeamento do tratamento com implantes (Misch, 2008). Contudo, atualmente, técnicas mais avançadas de imagem, tridimensionais, como por exemplo a TC e o CBCT têm vindo a substituir as convencionais devido à realidade anatómica fornecida pelas imagens obtidas (Misch, 2008; Sharda & Kant, 2012).

Embora existam vários meios radiográficos para este efeito, nenhuma técnica é considerada ideal, e são muitos os autores que sugerem uma combinação entre as várias técnicas para a obtenção de informações adequadas, já que todas elas possuem vantagens e desvantagens e podem dar origem a falsos negativos e falsos positivos (Lingam, Reddy, Nimma, & Pradeep, 2014; Misch, 2008). Falsos positivos ocorrem com periodicidade nas radiografias periapicais e nas ortopantomografias (Misch & Resnik, 2018). São também, frequentes, em imagens de ressonância magnética (Misch, 2008).

De acordo com as diretrizes da *American Academy of Oral and Maxillofacial Radiology*, os potenciais locais de colocação de implantes devem ser avaliados com recurso a técnicas de imagem tridimensionais. Por outro lado, estudos demonstram que cerca de 90% dos Médicos Dentistas recorre à ortopantomografia, método de diagnóstico bidimensional, como único meio de diagnóstico no planeamento de implantes e que menos de 10% solicitam TC ou outros métodos convencionais (Misch, 2008).

A fase pré-operatória tem como objetivo, avaliar o estado atual dos dentes e dos maxilares do paciente, e desenvolver e aprimorar o plano de tratamento. A avaliação do paciente é realizada mediante uma cuidadosa revisão da sua história clínica, exames clínicos e exames radiográficos já realizados. Só assim o Médico Dentista tem a capacidade de excluir quaisquer patologias ósseas e dentárias e estabelecer uma meta que vá de encontro às necessidades estéticas e funcionais do paciente. Se não for possível excluir estes fatores, posteriormente serão precisos mais exames clínicos e radiográficos. Assim, como objetivo geral desta fase de tratamento está a implementação e desenvolvimento de um que permita restaurar a função e estética do paciente, através da colocação precisa e estratégica dos implantes (Misch E., 2006).

1. TÉCNICAS DE DIAGNÓSTICO BIDIMENSIONAIS

1.1. RADIOGRAFIA PERIAPICAL

A radiografia periapical é uma técnica radiográfica que fornece imagens de uma região limitada do processo alveolar da mandíbula ou da maxila (Misch, 2008). É uma técnica intraoral cujo objetivo é a observação do osso alveolar e dos dentes, fornecendo imagens detalhadas dos mesmos, e a observação dos implantes e tecidos que circundem o ápice do dente (Sharma et al., 2018). É utilizada para fazer a avaliação antes da colocação dos implantes, portanto, na fase pré-cirúrgica, mas também na fase pós-cirúrgica para verificar a sua integração (Monsour & Dudhia, 2008) .

Para a sua obtenção, utilizam-se películas radiográficas que fornecem imagens suscetíveis de ser obtidas através de duas técnicas: a técnica do paralelismo e a técnica da bissetriz (Sharma et al., 2018). Estas radiografias são obtidas pela colocação da película intraoral paralelamente ao corpo do processo alveolar, com o raio central do colimador perpendicular ao mesmo, permitindo a sua visualização lateral (Misch, 2008).

1.1.1. TÉCNICA DO PARALELISMO

Na técnica do paralelismo (figura 1), a película é colocada num suporte e posicionada na boca paralelamente ao longo eixo do implante, dente ou estrutura óssea que se pretende observar (Misch, 2008; Sharma et al., 2018). Para obter um correto paralelismo entre a película e o longo eixo do dente ou implante, ela tem de ser posicionada ligeiramente para o centro da cavidade oral, o que pode originar perda de definição e ampliação de cerca de 10%. Para ultrapassar esta situação, recorre-se à técnica do paralelismo de cone longo (colocado a uma distância de 30 cm em relação à película), na qual é utilizado um cone longo que permite aumentar a distância entre a fonte de raios X e o recetor e apenas os raios mais centrais e paralelos são direccionados para a película (Lingam et al., 2014; Misch, 2008; Sharma et al., 2018; White & Pharoah, 2015).

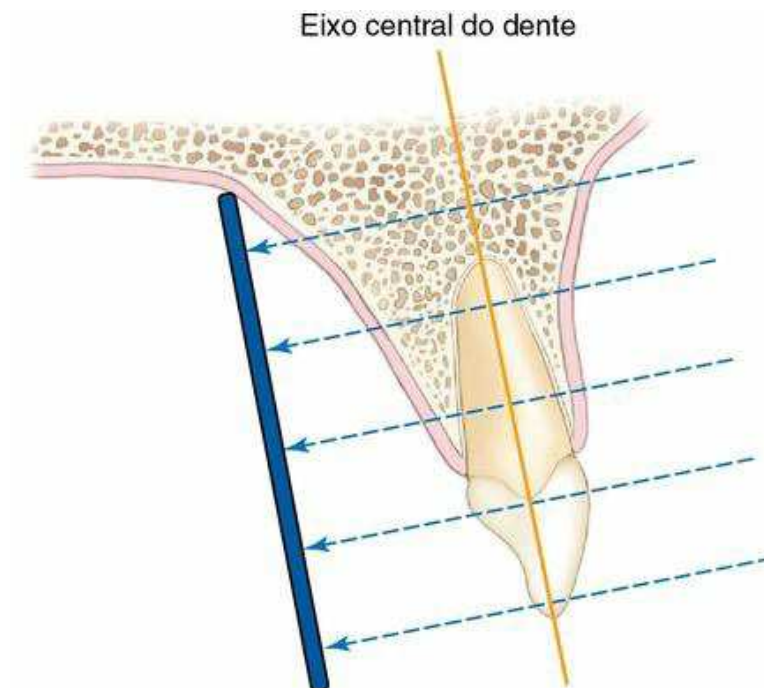


Figura 1- Técnica do paralelismo. O raio central dirige-se para o plano bissetor imaginário, adaptado de White & Pharoah, (2015)

1.1.2. TÉCNICA DA BISSETRIZ

A técnica da bissetriz (figura 2) baseia-se na Teoria da Isometria de Cieszinsky, em que dois triângulos, que tenham um lado em comum e dois ângulos iguais, serão necessariamente iguais. O recetor dos raios X é colocado o mais próximo possível da superfície lingual dos dentes/implante, apoiando-se no palato ou no pavimento da boca. Duas linhas são projetadas, uma que atravessa o longo eixo do dente e outra que atravessa o longo eixo da película. Se as linhas forem prolongadas vão interseccionar-se num ponto e forma-se um triângulo. Por sua vez, se esse triângulo for dividido ao meio, por uma linha imaginária, a bissetriz, ou plano bissetor imaginário, obtêm-se dois triângulos com dois ângulos iguais e um lado que lhes é comum. Posteriormente, o feixe de raios X é dirigido perpendicularmente a este plano para que seja obtida a imagem. Após a emissão da radiação, é obtida imagem cujas dimensões apresentadas no recetor devem ser iguais às do objeto projetado (Sharma et al., 2018; White & Pharoah, 2015). Esta técnica não é boa opção, pois tem elevada distorção da imagem (Misch, 2008; Monsour & Dudhia, 2008).

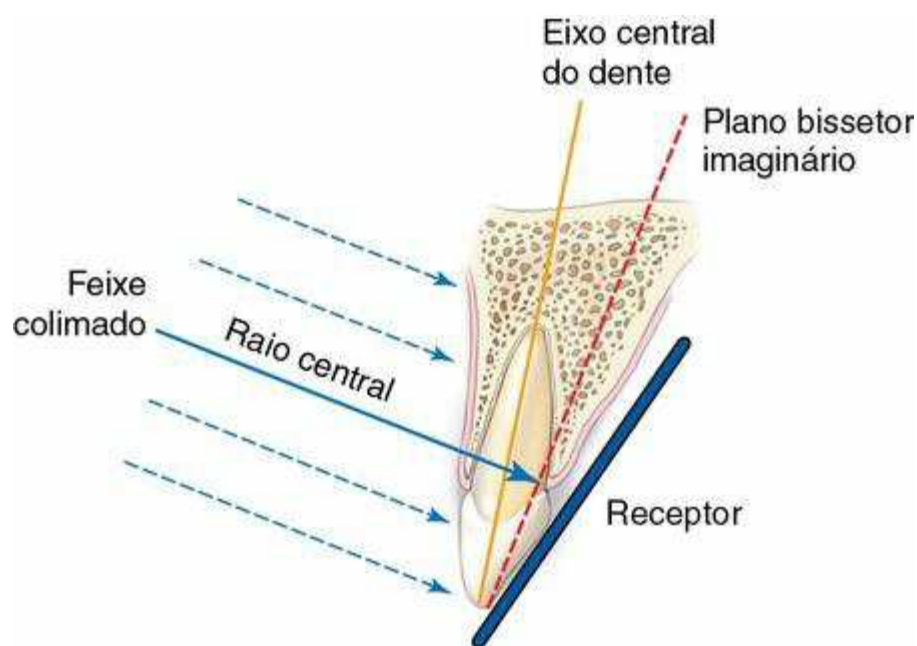


Figura 2- Técnica da bissetriz. O raio central é direcionado perpendicularmente ao longo do eixo do dente e do recetor, adaptado de White & Pharoah, (2015)

Posto isto, para a realização das radiografias periapicais a técnica do paralelismo de cone longo é a técnica de eleição, pois tem uma dose de radiação reduzida, mínima ampliação e mínima distorção entre a altura óssea e os dentes adjacentes, bem como menor sobreposição do processo zigomático da maxila em relação com a região dos molares

superiores (Dattatreya, Vaishali, Shetty, & Suma, 2016; Kumar et al., 2014; Lingam et al., 2014; Monsour & Dudhia, 2008; Zohrabian et al., 2018).

1.1.3. VANTAGENS E DESVANTAGENS

As radiografias periapicais fornecem imagens com uma boa reprodução de detalhe e com elevado poder de resolução que, em muitas circunstâncias, ultrapassa os 20 pares de linhas por milímetro (Bagga et al., 2014b; Dattatreya et al., 2016; Frederiksen, 1995).

A baixa dose de radiação, alta resolução, baixo custo e mínima ampliação (se o alinhamento e posicionamento forem adequados), são vantagens destas técnicas. Todavia, têm também limitações, como a distorção e a ampliação, dificuldade de posicionamento da película, sensibilidade da técnica, ausência de imagens transversais (não fornecem a dimensão facial-lingual), baixa capacidade de avaliar o potencial local de colocação do implante e incapacidade de localizar de forma precisa as estruturas anatómicas. Para além disso, apresentam como desvantagem o tamanho limitado, não permitindo a obtenção de uma imagem mais geral dos maxilares, ou seja, apresentam reprodutibilidade reduzida (Misch, 2008; Zohrabian et al., 2018).

1.1.4. IMPORTÂNCIA NO PLANEAMENTO PRÉ-OPERATÓRIO

Na área da Implantologia, as radiografias periapicais são úteis para avaliar pequenos espaços edêntulos, diagnosticar a presença de patologias no local, ver o alinhamento, inclinação e posição do implante durante a cirurgia e, ainda se revestem de elevada importância pós-cirurgia para avaliar a osteointegração do implante e a integridade dos dentes adjacentes ao mesmo (Bagga et al., 2014; Dattatreya et al., 2016; Frederiksen, 1995; Misch, 2008; Santos, 2014).

Na avaliação de pequenos espaços edêntulos, este meio complementar de diagnóstico fornece informações importantes acerca da dimensão mesio-distal, permitindo determinar o número de implantes a serem colocados; e da dimensão apico-coronal possibilitando a avaliação da altura óssea disponível em relação a estruturas anatómicas,

como o seio maxilar e o nervo dentário inferior. No entanto, em extensas zonas edêntulas e com elevado grau de reabsorção, a realização de periapicais, através da técnica do paralelismo, não é indicada devido à elevada dificuldade de obter suporte adequado para a colocação dos posicionadores (Zohrabian et al., 2018).

Para além disso, as radiografias periapicais permitem a observação do padrão trabecular, das raízes residuais, do periodonto e a angulação dos dentes adjacentes. São sobretudo indicadas durante o planeamento do tratamento para implantes unitários e em regiões de ampla extensão óssea (Bagga et al., 2014; Kumar et al., 2014; Pandey et al., 2016).

Embora com alguma limitação devido à bidimensionalidade da imagem obtida, a arquitetura, densidade e anatomia ósseas, qualidade e quantidade de osso cortical e trabecular também podem ser determinados (Bagga et al., 2014; Dattatreya et al., 2016; Kumar et al., 2014; Pandey et al., 2016; Sharda & Kant, 2012). As radiografias periapicais mostram uma posição mais precisa do canal mandibular, embora estudos afirmem que em cerca de 53% das medições o valor se encontra a cerca de 1 mm do valor real. Em alguns casos, estas radiografias podem não ser tão úteis, sobretudo devido ao insuficiente suporte para colocação dos instrumentos, como em pacientes com mandíbulas edêntulas e reabsorvidas (Aravind et al., 2018).

As características da radiografia periapical no pré-operatório são:

1. Deteção de patologias dentárias ou ósseas locais;
2. Tem pouco valor na determinação da quantidade óssea, pois a imagem é ampliada, pode apresentar distorções e é bidimensional;
3. De valor limitado na determinação da densidade ou mineralização óssea;
4. Importante na identificação de estruturas nobres, mas pouco relevante na avaliação da relação anatómica destas estruturas com o local de colocação do implante (Misch, 2008)

1.2. RADIOGRAFIAS PERIAPICAIS COM GRADE

A utilização de radiografias periapicais com uma grade pode ajudar a aumentar a precisão das medidas lineares, que são obtidas para iniciar o planejamento pré-cirúrgico. Para a execução deste tipo de radiografias, coloca-se uma malha de metal radiopaca ou uma grade entre o objeto/estrutura a radiografar e a película/sensor radiográfico. As duas linhas paralelas e adjacentes da grade, devem ser equidistantes de forma a possibilitar a medição das distâncias lineares. Através de uma fórmula matemática é possível medir estas distâncias: (Deshpande & Bhargava, 2014)

$$\frac{\text{Distância real entre dois pontos (grade)}}{\text{Distância medida entre dois pontos (grade)}}$$

$$\frac{\frac{1}{4}\text{da distância real entre dois pontos (anatômico)}}{\text{Distância medida entre dois pontos (anatômico)}}$$

Estas fórmulas tornam possível obter uma distância linear nas radiografias periapicais em grade e permitem, por exemplo, medir a distância que vai do topo da crista alveolar ao córtex superior do canal alveolar inferior. A distância real entre dois pontos na grade, é dividida pela distância medida entre esses mesmos pontos nas linhas da grade na radiografia. Por sua vez, esta distância obtida pode ser igualada à distância obtida pela divisão da distância real desconhecida entre dois pontos anatômicos selecionados e que é dividida pela distância medida entre esses dois pontos anatômicos, mas na radiografia obtida (Deshpande & Bhargava, 2014).

A figura 3 representa uma radiografia periapical feita com uma grade em que a distância linear real entre o topo da crista alveolar e o córtex superior do canal alveolar inferior é de 15,4mm. Com o CBCT (figura 4) essa mesma distância também foi determinada, apresentando valores semelhantes, de cerca de 15,6mm, o que demonstra uma elevada precisão obtida na medição da distância numa radiografia bidimensional (98,7%). Estes dados obtidos podem sofrer variações, se for realizado um ensaio clínico de maiores dimensões. Contudo, e apesar disso, a radiografia periapical continua a ser um meio

complementar de diagnóstico com elevada importância, sobretudo devido à ampla disponibilidade e mínima exposição à radiação (Deshpande & Bhargava, 2014).

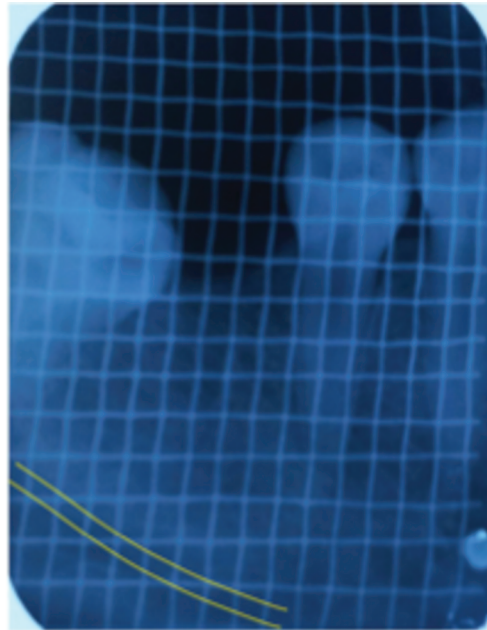


Figura 3- Radiografia periapical com grade utilizada no planejamento pré-operatório para a colocação de um implante dentário na região de ausência do 46 e que permitiu medir a distância entre o topo da crista alveolar e o córtex superior do canal alveolar, adaptado de Deshpande & Bhargava, (2014)

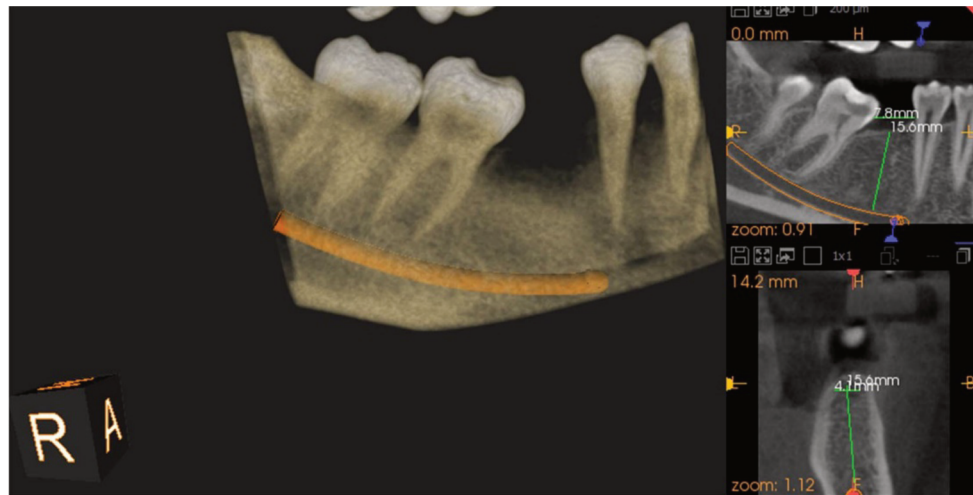


Figura 4- CBCT da mesma região apresentada na figura 3 e que mostra que a distância obtida entre o topo da crista alveolar e o córtex superior do canal alveolar inferior é de 15,6mm, adaptado de Deshpande & Bhargava, (2014)

1.3. RADIOGRAFIAS DIGITAIS

Com o desenvolvimento da tecnologia, as radiografias digitais tornaram-se uma opção cada vez mais considerável, isto porque vieram suprimir algumas limitações das radiografias convencionais (Jayadevappa et al., 2010; Misch, 2008)

A radiografia digital é um meio que permite a obtenção de imagens através da utilização de um sensor que substitui a tradicional película. A informação recebida pelo sensor é interpretada por um *software* que transfere a imagem para um monitor, ligado através de um cabo de conexão (Misch, 2008).

As radiografias digitais podem ser diretas ou indiretas. Na radiografia digital direta, a imagem é obtida no sensor digital (Sistema de Radiovisiografia) e transferida diretamente para o computador, enquanto na indireta, é utilizada uma pequena placa de imagem fotossensível revestida com fósforo (Sistema Digora ou *Vista Scan*). Após ser exposta, a placa é lida num *scanner* que a converte em formato digital. Com a utilização destes sistemas digitais não é necessário modificar o aparelho de raios X, apenas é necessário a utilização adicional de um recetor digital que é o computador (Dattatreya et al., 2016; Misch, 2008; Zohrabian et al., 2018)

Apresentam vantagens face às radiografias convencionais, de entre as quais se destacam a redução da dose de radiação em cerca de 90% e uma melhor resolução da imagem obtida. Na área da implantologia, a sua principal vantagem é a velocidade com que permite a obtenção de um grande número de imagens, o que se revela extremamente útil durante o posicionamento cirúrgico dos implantes e na verificação do posicionamento da estrutura protética. Embora seja esta a principal vantagem, ainda permite eliminar o espaço e o equipamento que é inerente às radiografias convencionais (Dattatreya et al., 2016; Misch, 2008).

Com o seu desenvolvimento, procedimentos protéticos e cirúrgicos de implantes tornaram-se mais simples, mas apresenta desvantagens como o tamanho e espessura do sensor e a posição do cabo, que dificultam a sua utilização em determinadas regiões como na região dos caninos. É extremamente vantajoso no procedimento intra-operatório de implantes, reduzindo as possibilidades de lesões iatrogénicas durante a cirurgia (Athota et al., 2017; Misch, 2008; Thakkar & Rai, 2017). No âmbito das radiografias intraorais,

surgiram também técnicas com dispositivos eletrónicos ou de imagem com carga acoplada (CCD), que geram múltiplas imagens do local pretendido e são posteriormente visualizadas num monitor de vídeo. Estas radiografias têm bastante utilidade na Implanto-
logia, pois a técnica utilizada permite a medição precisa dos locais dos implantes no pré-operatório, sendo também útil nos pós-operatório para verificar a sua osteointegração (Jayadevappa et al., 2010; Thakkar & Rai, 2017). No entanto, têm algumas desvantagens, como a bidimensionalidade, dificuldade de reprodução, alongamento da imagem e obtenção de imagens restritas a pequenas áreas (Aravind et al., 2018).

1.1. RADIOGRAFIA OCLUSAL

A radiografia oclusal é uma radiografia plana de elevada resolução, obtida pela colocação da película intraoral paralela ao plano oclusal e com o feixe central dos raios X perpendicular à película para gerar imagens da mandíbula ou da maxila numa posição oblíqua (normalmente 45°) (Dattatreya et al., 2016; Misch, 2008; White & Pharoah, 2015). Revela-se útil para pacientes com reduzida abertura bucal ou, que por outras razões, não conseguem realizar radiografias periapicais (White & Pharoah, 2015).

Este meio de diagnóstico, permite a obtenção de imagens do corpo da mandíbula e/ou do corpo da maxila, está prontamente disponível a ser utilizado, tem elevada definição de imagem, menor exposição à radiação e é de baixo custo (Kumar et al., 2014).

Na maxila, dá origem a imagens com elevada distorção, não sendo útil na determinação da quantidade e mineralização óssea. Embora algumas estruturas nobres como o seio maxilar, cavidade nasal e canal nasopalatino sejam visíveis, não é possível estabelecer a relação espacial com o potencial local de colocação do implante (Kumar et al., 2014; Misch, 2008).

Ao contrário das radiografias periapicais, as radiografias oclusais podem ser, por vezes, usadas para determinar a dimensão vestibulo-lingual do rebordo alveolar mandibular, que é a informação, no que concerne à dimensão transversal, com interesse no diagnóstico pré-operatório (figura 5). Contudo, a dimensão transversal que pode ser obtida com estas radiografias ,pode induzir o Médico Dentista em erro, achando que de facto existe maior quantidade de osso disponível, já que a informação obtida diz respeito à base da mandíbula (maior no sentido vestibulo-lingual do que a crista do rebordo), e

não à crista do rebordo alveolar (Lingam et al., 2014; Misch, 2008; Monsour & Dudhia, 2008; White & Pharoah, 2015).

A imagem que se obtém da mandíbula, embora seja menos distorcida do que a imagem que se obtém da maxila, é uma imagem alterada, uma vez que a mandíbula geralmente é dilatada anteriormente e, posteriormente, tem uma inclinação lingual, o que origina uma imagem oblíqua e distorcida do processo alveolar. (Misch, 2008; Santos, 2014).

Na área da implantologia a sua utilização é reduzida, devido à elevada distorção e sobreposição de estruturas anatómicas sendo raramente indicadas para a fase de diagnóstico pré-operatório, embora possa ser útil em casos de implantes unitários e para avaliar a posição do implante na mandíbula ou maxila após a sua colocação (Dattatreya et al., 2016; Misch, 2008; Monsour & Dudhia, 2008; Santos, 2014; Thakkar & Rai, 2017).

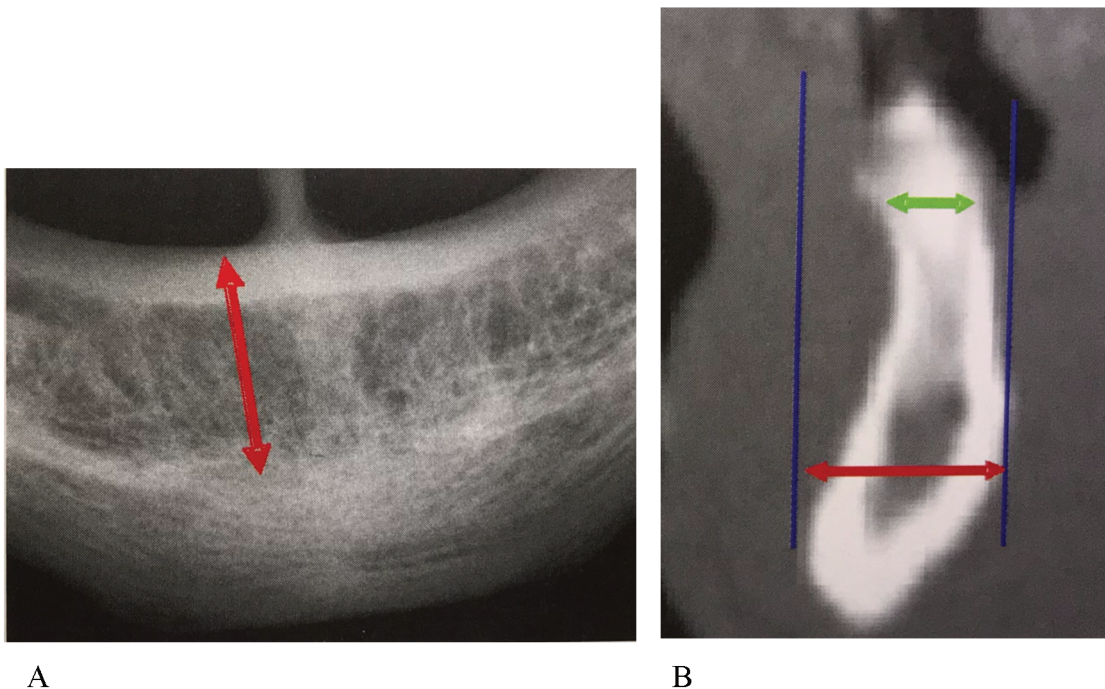


Figura 5- A- demonstração da largura óssea na região anterior. B- o que as radiografias oclusais mostram é a maior distância vestibulo-lingual (setas vermelhas) e a verdadeira largura do osso (seta verde), adaptado de Misch, (2008)

1.2. RADIOGRAFIA CEFALOMÉTRICA

As radiografias cefalométricas são radiografias do crânio com orientação paralela. Nestas radiografias, o crânio é alinhado ao recetor da imagem e ao aparelho de raios X através de um cefalostato e é produzida com o plano sagital mediano do paciente paralelo ao recetor da imagem com uma ligeira rotação do cefalostato, permitindo a obtenção de um corte transversal (Aravind et al., 2018; Misch, 2008; Monsour & Dudhia, 2008; Nagarajan et al., 2014; Sharma et al., 2018; Soni, Choukse, Umesh, Srivastava, & Sharma, 2016; Thakkar & Rai, 2017).

As radiografias cefalométricas possibilitam a observação de uma imagem transversal do processo alveolar da mandíbula e da maxila no plano médio-sagital e, através delas, é possível medir a altura e a largura óssea na linha média anterior da mandíbula e da maxila, isto é, permite medir a qualidade sobretudo o rácio entre o osso compacto e o osso esponjoso, mas não permite medir a quantidade óssea (Aravind et al., 2018; Misch, 2008; Monsour & Dudhia, 2008; Nagarajan et al., 2014; Soni et al., 2016; Thakkar & Rai, 2017).

As imagens obtidas apresentam uma ampliação de 10% com uma distância foco-objeto de 60 polegadas, que equivale a 1,5240 m, e uma distância objeto-película de 6 polegadas, o equivalente a 0,15240 m (Misch E., 2006).

Em pacientes totalmente desdentados, é particularmente útil na elaboração do plano de tratamento e pode ser também indicada para a sua colocação na região anterior, se utilizada em combinação com outras técnicas, como as ortopantomografias e as radiografias periapicais. Em conjunto, fornecem informações acerca da inclinação vestibulo-lingual e vertical do osso na região anterior e acerca da proporção coroa-implante (Frederiksen, 1995; Misch, 2008; Pandey et al., 2016).

Quando utilizadas juntamente com as radiografias periapicais permitem ainda, observar a geometria do local do implante e a relação existente entre o local escolhido e estruturas como o pavimento da cavidade nasal, o canal nasopalatino e a porção anterior do seio maxilar. Quando comparadas à ortopantomografia, apresentam maior precisão na relação espacial demonstrada entre a oclusão e a estética com a altura, geometria, largura e angulação do processo alveolar (Bagga et al., 2014; Misch, 2008).

Este meio complementar de diagnóstico é útil para:

1. Avaliar a geometria do alvéolo na região anterior;
2. Analisar a relação da cortical lingual com a anatomia esquelética do paciente;
3. Caracterizar a largura óssea na região da sínfise;
4. Observar a relação entre o córtex vestibular e as raízes dos dentes anteriores;
5. Observar o perfil dos tecidos moles que permite analisar alterações de perfil após reabilitação protética (Bagga et al., 2014).

Apesar de fornecerem informações importantes para a colocação de implantes na região anterior, a sua utilização na implantologia é restrita, sobretudo devido à limitação das imagens transversais que se cingem à linha média, o que faz com que qualquer imagem de uma estrutura obtida para além desta linha seja reproduzida com um elevado grau de sobreposição (BouSerhal et al., 2002; Frederiksen, 1995; Kumar et al., 2014; Nagarajan et al., 2014). Aliada a esta desvantagem, é de salientar a sensibilidade à técnica e ao operador, pois se o posicionamento face ao cefalostato não for adequado, obter-se-á uma imagem distorcida. A dificuldade de aceder ao aparelho cefalométrico, a reduzida resolução e nitidez devido à utilização de ecrãs intensificadores, são igualmente desvantagens a assinalar (Misch, 2008).

1.4. ORTOPANTOMOGRÁFIA

As ortopantomografias são exames amplamente utilizados no planeamento pré-operatório de implantes e na realização de protocolos de tratamento, pois fornecem informações úteis para realizar uma avaliação inicial (Alcoforado & Redinha, 2008; Alnahwi, Alqarni, Alqahtani, Magnas, & Alshahrani, 2017; Pandey et al., 2016; Santos, 2014; Thakkar & Rai, 2017).

É uma técnica radiográfica paracoronal que permite a visualização dos dentes, da mandíbula, da maxila, das articulações temporo-mandibulares e da porção médio-inferior do seio maxilar numa única imagem, de tamanho 5”x11”, no plano frontal, e de espessura e dimensões variáveis (Alcoforado & Redinha, 2008; Dattatreya et al., 2016; Misch, 2008; Misch E., 2006).

É extremamente popular na Medicina Dentária em geral, pois nenhuma outra técnica imagiológica fornece tanta informação acerca do maxilar e da mandíbula, com uma dose de radiação tão baixa, isto é, de aproximadamente 0,007 mSv por radiografia (Monsour & Dudhia, 2008).

1.4.1. OBTENÇÃO DA IMAGEM NA ORTOPANTOMOGRÁFIA



Figura 6- Posicionamento do paciente para obtenção de uma ortopantomografia

Imagens tomográficas são obtidas com a ortopantomografia (figura 6) que produz uma imagem pela rotação de uma fonte de raios X e um recetor de imagem em torno da cabeça do paciente, criando um campo focal curvo. Para além destes componentes, são necessários dois colimadores no processo de formação da ortopantomografia. Um dos colimadores, de chumbo e com o formato de uma fenda, localiza-se nos limites da fonte de raios X e tem como função limitar os raios X a um feixe vertical e estreito. O outro colimador, localizado entre o objeto e o recetor da imagem, diminui a dispersão da

radiação dos objetos para o recetor da imagem. O centro de rotação é utilizado para produzir imagens da mandíbula e maxila e está localizado ao lado do arco e longe dos objetos que serão radiografados (Aravind et al., 2018; White & Pharoah, 2015). Os aparelhos de

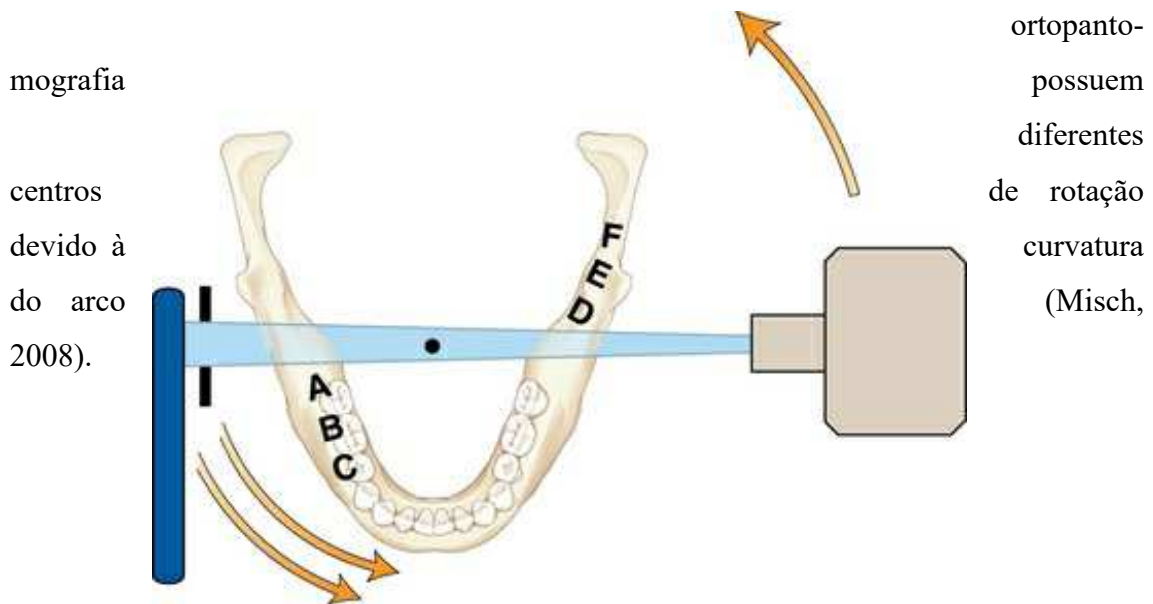


Figura 7- Princípios de formação de uma ortopantomografia, adaptado de White & Pharoah, (2015)

A imagem 7 mostra a posição do recetor e a fonte de raios X antes de um ciclo de exposição à radiação. Para que sejam observadas as estruturas com as letras de A a F, existe uma regulação que é feita entre a fonte de raios X e o recetor da imagem para que a taxa de movimento ocorra ao mesmo nível, possibilitando a visualização das estruturas dentoalveolares no lado mais próximo ao recetor (letras A, B e C). À medida que se dá o movimento de rotação, as imagens são registadas no recetor e visíveis nitidamente, apresentando as mesmas características que os objetos que estão a representar. Isto ocorre porque os feixes de raios X se movimentam na mesma direção do recetor. Como a

distância entre a fonte e o recetor é constante e a distância entre o objeto e o recetor é a mesma para cada objeto, todos os objetos vão ficar de igual forma ampliados. Por outro lado, os objetos mais afastados do recetor, localizados entre a fonte de raios X e o centro de rotação, e que correspondem às letras D e F, aparecem distorcidas na imagem, porque o feixe de raios X se movimenta no sentido oposto à do movimento do recetor na imagem. Para além de aparecerem distorcidos, esses objetos também vão aparecer mais ampliados, pelo facto de estarem mais próximos da fonte de raios X (White & Pharoah, 2015).

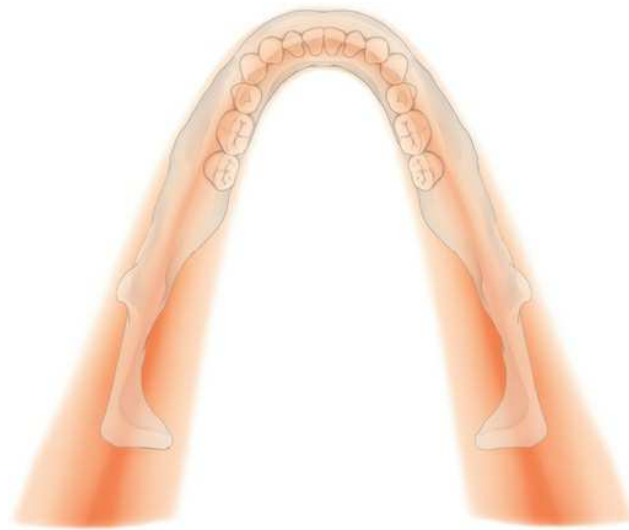


Figura 8- Campo focal, adaptado de White & Pharoah, (2015)

Para permitir uma melhor visualização dos dentes e do osso alveolar de suporte, e, desta maneira, otimizar a forma do corredor focal, estes aparelhos utilizam vários centros de rotação em alternativa às múltiplas localizações fixas. Define-se como campo focal (figura 8) uma zona curva tridimensional, de elevada nitidez, onde as estruturas nele contidas se encontram bem definidas na ortopantomografia. Assim, as estruturas observáveis neste meio radiográfico, são as que se encontram no campo focal. Quanto mais central for a posição de uma estrutura anatómica no centro focal, mais nítida será a imagem obtida e as estruturas fora dele não são devidamente reproduzidas, aparecendo distorcidas, ampliadas ou reduzidas, tornando-se muitas vezes irreconhecíveis (White & Pharoah, 2015).

O formato e a largura do campo focal são determinados pela velocidade do recetor, o alinhamento dos feixes de raios X e do colimador. O uso contínuo deste

equipamento pode dar origem a alterações do campo focal, pelo que calibrações periódicas são aconselháveis (White & Pharoah, 2015).

Habitualmente o recetor da imagem é uma película radiográfica, contudo a utilização de uma placa revestida com fósforo para armazenamento digital, ou um recetor digital com dispositivo de carga acoplada (CCD), são opções alternativas, que podem ser também utilizadas. Embora exista esta diversidade, o mesmo princípio de formação da ortopantomografia é utilizado (Misch, 2008; Misch E., 2006; White & Pharoah, 2015).

1.4.2. IMPORTÂNCIA NO PLANEAMENTO PRÉ-OPERATÓRIO

Na Implantologia, é o meio diagnóstico mais utilizado. É considerada, por alguns autores, o exame *standard* no que concerne à colocação de implantes em pacientes total ou parcialmente desdentados. No entanto, para a obtenção de imagens pré-cirúrgicas quantitativas, não é a melhor opção e deve ser aliada a outros meios radiológicos, como as radiografias periapicais, sobretudo para observar determinadas zonas que exijam maior detalhe ou zonas onde o diagnóstico possa ser questionável (Alcoforado & Redinha, 2008; Alnahwi et al., 2017; Misch, 2008; Misch E., 2006; Pandey et al., 2016; Soni et al., 2016).

Estruturas anatómicas como as fossas nasais, nervo alveolar inferior e buraco mentoniano podem ser observadas, sendo de extrema importância quando é necessário selecionar o local de colocação do implante. Permite avaliar a altura do osso alveolar no local selecionado, bem como auxiliar no diagnóstico de lesões ósseas no maxilar e/ou na mandíbula (Aravind et al., 2018; Misch, 2008; Santos, 2014; Sharma et al., 2018). Para além disso, detetar cáries, patologias pulpares, periapicais e periodontais não associadas ao local selecionado, são objetivos passíveis de ser alcançados com este meio complementar de diagnóstico, indo ao encontro da filosofia de colocação de implantes. A sua colocação deve ser feita em pacientes munidos de uma boa saúde geral e oral (Alcoforado & Redinha, 2008; Misch, 2008; Misch E., 2006; Sharma et al., 2018).

1.4.3. VANTAGENS E DESVANTAGENS

Como vantagens da ortopantomografia destaca-se o baixo custo, a economia de tempo, baixa dose de radiação, facilidade de identificação de pontos de referência opostos, possibilidade de avaliar inicialmente a altura óssea, auxiliando na identificação de candidatos à colocação de implantes, e menor sensibilidade à técnica (Bagga et al., 2014; Dattatreya et al., 2016; Pandey et al., 2016; Soni et al., 2016; Thakkar & Rai, 2017).

As ortopantomografias têm também desvantagens no planeamento da colocação de implantes que podem ser agrupadas em duas categorias: as distorções inerentes ao próprio aparelho de raios X; ou erros de posicionamento do paciente. Os erros de posicionamento do paciente são um dos principais fatores de erro das ortopantomografias, embora estes equipamentos, na sua grande maioria, possuam guias de posicionamento (Alcoforado & Redinha, 2008; Misch, 2008; Santos, 2014). Ainda a referir, é o menor detalhe com que as imagens são obtidas, quando comparadas às imagens das radiografias periapicais. Mas quando estas não podem ser opção em determinados pacientes, como em situações de trismos, a ortopantomografia pode ser uma alternativa a considerar (White & Pharoah, 2015).

É um meio de diagnóstico bidimensional, pelo que não fornece informação no sentido transversal como a angulação do processo alveolar e a dimensão facial-lingual (Alcoforado & Redinha, 2008; Alnahwi et al., 2017; Frederiksen, 1995). Para além disso, não demonstra a qualidade e mineralização ósseas; a mandíbula e a maxila aparecem desfocadas, não permite estabelecer uma relação espacial entre as estruturas nobres, a precisão da imagem depende da habilidade do operador e do posicionamento do paciente e o canal mandibular nem sempre é bem visível (Bagga et al., 2014b; Misch, 2008).

Quando existe a necessidade de uma determinação precisa da qualidade e quantidade ósseas, outro tipo de técnicas radiográficas são requeridas (Santos, 2014).

Outras desvantagens da ortopantomografia prendem-se com a exibição de imagens fantasmas e/ou artefactos, e de sombras nos tecidos moles que tornam incorreta a sua interpretação (Alcoforado & Redinha, 2008; Monsour & Dudhia, 2008; White & Pharoah, 2015).

A magnificação ou ampliação horizontal e vertical, característica destas imagens, é outro inconveniente a assinalar, o que torna imprecisa uma análise quantitativa do osso alveolar residual. A ampliação vertical é constante, cerca de 10%, e a ampliação horizontal é não uniforme e varia de acordo com a localização anatômica, distância foco-objeto,

localização do centro de rotação em relação à fonte e posição do paciente, rondando valores de aproximadamente 20-25% (Alnahwi et al., 2017; Aravind et al., 2018; Kumar et al., 2014; Misch, 2008; Misch E., 2006; Pandey et al., 2016; White & Pharoah, 2015). A ampliação verificada é mais evidente nas áreas posteriores do que nas áreas anteriores (Kumar et al., 2014). Como todas as angulações dos feixes da ortopantomografia são de aproximadamente 8 graus, a imagem tem necessariamente uma ampliação que lhe é inerente (Misch, 2008).

A pré-determinação do fator de ampliação para a área a implantar pode ser feita com recurso a um *stent* radiográfico com rolamentos de esferas embutidas em acrílico, que posteriormente são radiografadas. Mede-se o diâmetro dos rolamentos de esferas na radiografia e compara-se com o seu diâmetro real, obtendo-se o fator de ampliação (Bagga et al., 2014; Misch, 2008; Misch E., 2006).

1.5. ZONOGRRAFIA

A zonografia, uma modificação da ortopantomografia, permite a obtenção de imagens transversais da maxila e da mandíbula através de cortes tomográficos lineares, com espessura aproximadamente de 5 mm, semelhantes aos da tomografia. Através desta técnica é possível observar a relação entre as estruturas anatómicas nobres e o local onde será colocado o implante, tendo um papel fundamental no planeamento pré-cirúrgico. Contudo, não possibilita a identificação de patologias no local selecionado para o implante; não revela grande utilidade para determinar diferenças de densidade óssea; e mostra sobreposição de estruturas adjacentes (Aravind et al., 2018; Misch, 2008; Misch E., 2006; Thakkar & Rai, 2017).

1.6. PAPEL DAS RADIOGRAFIAS BIDIMENSIONAIS NO PLANEAMENTO PRÉ-OPERATÓRIO

Um estudo realizado em 86 pacientes, com 221 implantes, permitiu compreender a importância da ortopantomografia na fase pré-cirúrgica de implantes. A utilidade desta técnica está sobretudo na elucidação do paciente acerca do tratamento a realizar. Através

da ortopantomografia, o comprimento, posição e técnica de colocação do implante podem ser explicadas, com recurso à utilização de ferramentas de desenho. Além do benefício para o paciente, possibilita ao clínico realizar medições do volume do osso alveolar residual, bem como estabelecer um protocolo de tratamento que inclua, com base na avaliação radiográfica, o comprimento do implante a ser colocado (Kim, Park, Kim, Kim, & Kim, 2011).

O comprimento do implante deve ser estabelecido com base na determinação precisa da localização do canal mandibular. Na avaliação para a colocação de implantes na região posterior da mandíbula, a identificação da posição do buraco mentoniano e do canal mandibular, são de fulcral importância para evitar lesões no nervo alveolar inferior, como a alteração da sensibilidade no lábio inferior e no mento. Um estudo de 1990 relatou que em 43,5% dos casos, os pacientes referiram parestesia 2 semanas após a colocação de implantes. Um outro estudo de 1999, refere 8,5% dos pacientes com alterações de sensibilidade e, através de um questionário retrospectivo, realizado num estudo em 1992, foi possível detetar alterações de sensibilidade em 37% dos casos, 1 mês após a colocação de implantes. A referir, ainda, um outro estudo realizado em 2008, que demonstrou que se a cirurgia de colocação do implante for realizada com recurso a medidas de segurança, a incidência de lesão no nervo alveolar inferior no pós-operatório é baixa (Vazquez, Saulacic, Belser, & Bernard, 2008).

Para evitar estas complicações associadas ao canal mandibular, é recomendada que a distância entre o limite inferior do implante e o canal seja de pelo menos 2 mm, tendo sempre em consideração a taxa de ampliação da ortopantomografia (Apaydin, Yasar, Kizildağ, & Tasdemir, 2018; Vazquez et al., 2008). Quando se pretende obter imagens das estruturas nobres acima referidas, para a medição de distâncias em torno delas, com estas técnicas bidimensionais, é necessário ter especial atenção ao posicionamento dos feixes de raios X em relação às mesmas, pois um incorreto posicionamento pode dar origem a imagens com distorções na distância. Devido à curvatura da mandíbula, é necessário ter especial atenção à angulação dos feixes de raios X nas radiografias intraorais (Misch, 2008).

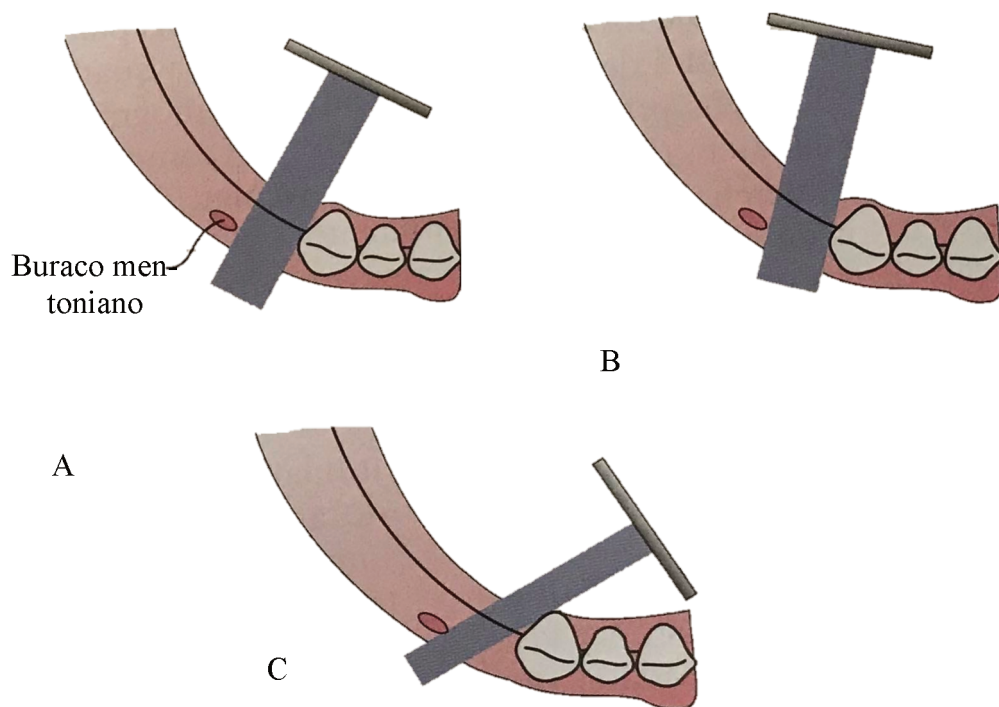


Figura 9- Medição da distância entre um elemento dentário e o buraco mentoniano. A- correta angulação do feixe de raios X. B- inclinação oblíqua para distal (valores de distância aumentados. C- inclinação oblíqua para mesial (distância diminuída), adaptado de Misch, (2008)

Assim, para se obter uma medição precisa entre uma estrutura dentária e uma estrutura anatômica vital, o feixe de raios X deve ser perpendicular à tangente da região que se pretende observar e que se localiza, como se observa na figura 9A, entre os dentes anteriores e o buraco mentoniano. Se esta angulação não for conseguida, imagens com medidas aumentadas ou diminuídas são obtidas. Se a imagem tiver uma inclinação oblíqua para mesial, as medidas obtidas são diminuídas face às medidas obtidas com uma correta angulação (Figura 9C); se a inclinação for oblíqua para distal, essas mesmas medidas darão valores aumentados (Figura 9B) (Misch, 2008).

Apesar de possibilitar a visualização do canal mandibular e de outras estruturas anatômicas importantes, há situações em que estas não são claramente observadas. A TC pré-implante é útil, embora não seja sempre necessária. Estudos demonstraram que a utilização de ortopantomografias, é suficiente para fazer uma avaliação pré-cirurgia de implantes, demonstrando utilidade, sobretudo, na medição da altura do osso alveolar residual para a colocação de implantes nas regiões posteriores da mandíbula. Nestes casos, não houve a necessidade de utilização da TC pré-implantar e quando utilizadas, as

ortopantomografias revelaram-se meios radiográficos suficientes, não sendo significativas as diferenças relativamente aos casos em que a TC também foi utilizada (Kim et al., 2011; Vazquez et al., 2008).

Outros estudos afirmam que a ortopantomografia fornece as informações necessárias para selecionar o comprimento do implante a colocar, pelo que a grande maioria dos Médicos Dentistas (82,6%) optam pela seleção desta técnica no planeamento dos implantes dentários, não só pela ampla cobertura de imagem que proporcionam, como por razões económicas e de acessibilidade (Apaydin et al., 2018).

A escolha do tamanho do implante, pode ser feita utilizando uma escala de implantes, como se observa na figura 10 (com medidas graduadas de acordo com o fator de ampliação), e é influenciada pela seleção da técnica radiográfica utilizada no planeamento pré-cirúrgico. Assim, o facto de optar pela ortopantomografia, que não fornece imagens transversais, pode levar à seleção de implantes mais curtos e mais estreitos, não tão benéficos para a região posterior da mandíbula, onde devem ser utilizados implantes mais largos e longos, capazes de resistir às forças compressivas evitando o risco de fratura após o tratamento protético (Apaydin et al., 2018).

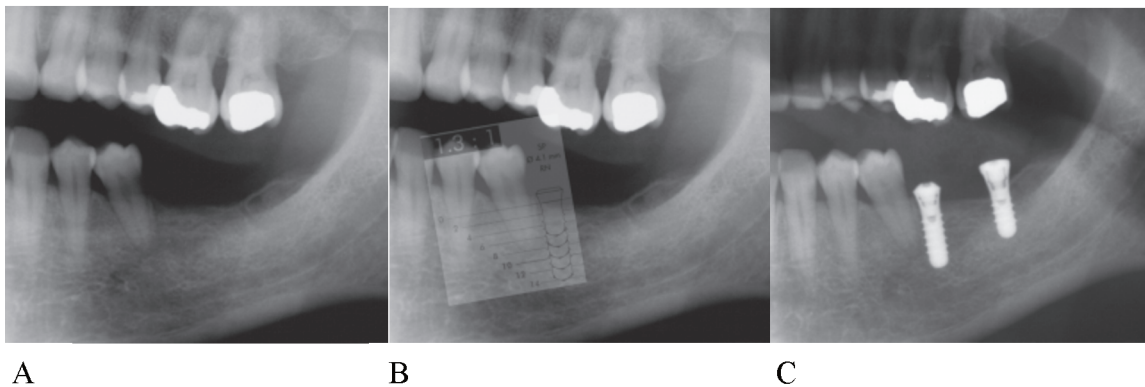


Figura 10- A- ortopantomografia: imagem pré-operatória. B- a mesma imagem pré-operatória para ver o comprimento do implante a colocar com recurso a uma escala graduada de implantes que é fornecida pelo fabricante. C- imagem pós-operatória com implantes colocados a uma distância de 2mm entre a ponta do implante e o canal mandibular, adaptado de Vazquez et al., (2008)

Um outro estudo refere que a utilização de implantes curtos, não vai comprometer a taxa de sucesso do implante a longo prazo. Pode até diminuir o risco de uma lesão no nervo, associada à colocação de implantes na região posterior, sobretudo quando é difícil observar o canal mandibular na ortopantomografia. Os dados obtidos a partir deste estudo

corroboram com estudos anteriores e permitem afirmar que a ortopantomografia deve ser estabelecida como exame radiográfico padrão. Sobretudo para a colocação de implantes na região posterior da mandíbula, em pacientes parcialmente e totalmente edêntulos, pois a grande maioria dos pacientes não beneficia de outras técnicas radiológicas com incidência de níveis mais elevados de radiação (Vazquez et al., 2008).

Contudo, quando a avaliação da posição do buraco mentoniano é feita através da ortopantomografia, ou através das radiografias periapicais, é necessário ter especial atenção. Um estudo relata que em algumas radiografias não é possível identificá-lo devido a uma excessiva densidade das imagens obtidas. Esse mesmo estudo refere que o buraco é visível em radiografias claras, mas à medida que aumenta a densidade para valores superiores a 2,8, a estrutura torna-se menos visível (Misch, 2008).

Outros estudos demonstram que em 50% dos casos o buraco mandibular não é visível e que quando visível nessas radiografias bidimensionais, não é identificado corretamente, sendo que a relação com a crista alveolar aparece distorcida (Bagga et al., 2014; Misch, 2008). Estudos realizados em crânios secos permitiram, ainda, concluir que o buraco mentoniano não é visível nas ortopantomografias em 12% dos casos. Isto ocorre porque existe sobreposição de imagens do lado contralateral, ou devido à ausência de osso cortical em torno do canal (Kim et al., 2011; Misch, 2008; Vazquez et al., 2008). Nas situações de impossibilidade de visualização destas estruturas, se inclinarmos a cabeça do paciente em 5° para baixo em relação ao plano de Frankfurt, em 91% das radiografias, é possível observá-las (Misch, 2008).

A localização do buraco mentoniano nas ortopantomografias e radiografias periapicais é incorreta, não só porque a sua posição radiográfica depende da posição da mandíbula no ortopantomógrafo, como o ponto que é referido nessas radiografias como sendo o buraco mandibular não é de facto o buraco, mas sim a representação de uma porção do buraco mentoniano quando este deixa o buraco mandibular. Há ainda um maior risco de erro em mandíbulas desdentadas ,devido à maior reabsorção da crista óssea verificada (Misch, 2008).

Vários estudos mostraram que a TC é o método mais preciso e recomendado quando é necessário localizar e medir com exatidão o buraco mentoniano e o canal alveolar inferior. Quando é necessário a observação da região do ramo da mandíbula, zona amplamente utilizada para enxertos autógenos, também a tomografia, especialmente a

TC, é o método eleito, isto porque, a região em questão é alvo de um grande número de variações no que concerne à quantidade de osso presente, tornando a avaliação e identificação da quantidade óssea, com recurso a ortopantomografias um meio pouco preciso (Misch, 2008).

A sínfise mandibular, zona também usada para enxertos autógenos e amplamente utilizada para a colocação de implantes mandibulares em pacientes edêntulos, deve ser observada com técnicas radiográficas como as radiografias cefalométricas e a tomografia convencional. A utilização das técnicas bidimensionais como a ortopantomografia na interpretação da região anterior da mandíbula pode dar origem a erros como a superestimação da altura óssea, devido à presença de concavidades linguais mandibulares, consequência da atrofia na região posterior da mandíbula (Misch, 2008).

Para a visualização dos seios perinasais, sobretudo do seio maxilar, cuja importância em Implantologia oral é elevada, é a TC que se assume como meio radiográfico chave não só na observação como também na obtenção de informações, sobretudo no que concerne à avaliação de patologias no seio e visualização de estruturas ósseas. Esta técnica permite, ainda, a obtenção de dados com maior precisão de detalhe, quando se verifica a existência de septos de *underwood* no interior do seio. No interior do “antro de Highmore”, encontram-se com frequência septos ósseos, tendo uma prevalência de cerca de 30% nos seios maxilares estudados. Estes septos podem ser de dois tipos:

1. primários ou congénitos (septos de *underwood*): podem ter qualquer localização e desenvolvem-se durante o crescimento do indivíduo e em algumas situações podem dividir o seio em dois ou mais compartimentos;
2. secundários: são consequência de um aumento irregular do seio maxilar em indivíduos edêntulos (Ferreira, 2010; Misch, 2008)

A identificação dos septos de *underwood* é extremamente importante quando existe a necessidade de elevação do seio maxilar, pois pode dificultar a abertura de uma janela óssea e pode ocorrer rotura da membrana de *Schneider*. Neste sentido, e dependendo da quantidade de osso residual existente, são duas as técnicas propostas para a elevação do seio maxilar:

- a. Técnica de antrostomia lateral;
- b. Técnica de antrostomia crestal modificada (Ferreira, 2010)

Quando estamos na presença destes septos, a dificuldade de preencher os espaços obtidos entre a membrana e o pavimento do seio é maior, por isso, uma vez identificados os septos, é possível obter uma ótima estabilização inicial dos implantes (Ferreira, 2010; Misch, 2008).

Assim, depender de técnicas bidimensionais para avaliar a quantidade óssea para a colocação de implantes não é a melhor opção, devendo ser dada preferência às imagens tridimensionais, como a tomografia (Misch, 2008).

2. TÉCNICAS DE DIAGNÓSTICO TRIDIMENSIONAIS

Como já referido, as radiografias periapicais e as ortopantomografias são as técnicas mais utilizadas no diagnóstico imagiológico em Medicina Dentária, contudo não permitem uma avaliação completa das estruturas ósseas, por serem técnicas bidimensionais. Neste sentido, em todos os casos onde a observação clínica e o exame radiológico, através destas técnicas, não fornece informação suficiente sobre a morfologia do processo alveolar, ou em situações em que as características dos tecidos não possibilitam uma correta análise do mesmo, a opção de meios radiográficos tridimensionais deve ser colocada (Alcoforado & Redinha, 2008; Beltrán Silva, Meneses López, & Ventura Ponce, 2003).

A tomografia, técnica de diagnóstico tridimensional, complementa o estudo do osso alveolar, pois facilita a sua observação. Permite a obtenção de imagens transversais, razão pela qual o estudo tomográfico é uma indicação para o planeamento da colocação de implantes. De entre os vários tipos de tomografias há a referir a tomografia convencional, a tomografia computadorizada, tomografia computadorizada interativa, DentaScan e a tomografia computadorizada de feixe cónico. A tomografia convencional e a tomografia computadorizada são indicadas para a avaliação das estruturas ósseas do maxilar e da mandíbula; alguns autores recomendam a utilização da primeira para a planificação da colocação de implantes unitários ou para a colocação de segmentos com menos de quatro implantes. A tomografia computadorizada será utilizada para a realização de reabilitações de maiores dimensões e em pacientes totalmente edêntulos (Beltrán Silva et al., 2003).

2.1. TOMOGRAFIA CONVENCIONAL

O termo tomografia é composto por duas palavras gregas: *tomo* (corte) e *grafia* (imagem) (Bagga et al., 2014b; Misch, 2008; Waqar Hussain, Razzaq Ahmed, Aamir Ghafoor Chaudhary, & Saquib Abullais, 2017). Foi adotado em 1962 pela Comissão Internacional de Unidades e Medidas Radiológicas (Misch, 2008).

A imagem tridimensional produzida é designada de tomograma e é obtida através de uma técnica que permite visualizar uma secção anatómica do paciente, através da desfocagem de estruturas anatómicas que se localizem abaixo e acima da região anatómica de interesse (Waqar Hussain et al., 2017). As imagens obtidas são concebidas como se nelas tivessem sido feitos vários cortes e em vários planos de espessura relativamente pequenos, com cerca de 1mm (Misch, 2008; Waqar Hussain et al., 2017).

Na tomografia, tal como nos restantes meios radiográficos, existe uma fonte ou tubo de raios X. O tubo de raios X encontra-se conectado à película por uma barra rígida, designada de barra de fulcro, e cujo eixo gira em torno de um ponto estático que é o ponto de fulcro. Quando se fornece energia a este sistema, o tubo de raios X move-se numa direção e a película move-se na direção oposta, mas ambos giram em torno do ponto de fulcro. O fulcro permanece estático e é ele que define a camada tomográfica de interesse. Neste sentido, ao ajustar o ponto de fulcro ou a posição relativa do paciente em relação ao mesmo, vários cortes tomográficos diferentes podem ser produzidos (Misch, 2008; Misch E., 2006; Sharma et al., 2018; Soni et al., 2016).

Vários tipos de movimentos podem ser utilizados pelo tubo de raios X e pelo receptor da imagem para produzir imagens de estruturas anatómicas. Assim, as estruturas que serão visíveis nitidamente são aquelas que se encontram no plano focal, enquanto todas as estruturas fora dele aparecem desfocadas. Para além disso, há possibilidade de as imagens apresentadas terem sobreposição de estruturas. Tais situações podem ocorrer devido à elevada sensibilidade da técnica, desempenho do operador e da imagem em si (Misch, 2008; Nagarajan et al., 2014; Waqar Hussain et al., 2017; White & Pharoah, 2015).

De entre os movimentos produzidos pela tomografia, destacam-se o movimento linear, elítico, circular, espiral e hipocloidal. O movimento linear é o tipo de movimento mais simples executado pela tomografia e baseia-se no princípio de que o tubo de raios X e a película se movimentam em linha reta. É um movimento unidimensional, o que provoca a desfocagem das estruturas adjacentes ao plano focal, numa única dimensão. Produz artefactos lineares em forma de riscas na imagem obtida, o que pode ofuscar o corte de interesse (Misch, 2008; Nagarajan et al., 2014; Waqar Hussain et al., 2017). Estes

artefactos são frequentemente designados “*parasite lines*” (Sharda & Kant, 2012; Waqar Hussain et al., 2017).

A tomografia de alta qualidade, que envolve movimentos complexos, como o movimento elítico, circular, espiral e helicoidal, difere da linear, pois é produzido um movimento bidimensional do tubo e da película, o que faz com que haja uma desfocagem uniforme das estruturas que se encontram fora do plano focal, e, por isso, existe uma menor produção de artefactos (Dattatreya et al., 2016; Misch, 2008; Misch E., 2006; Nagarajan et al., 2014; Sharma et al., 2018).

Estruturas densas como dentes com restaurações metálicas numa posição adjacente à área de interesse, exostoses, tábuas corticais espessas e obturações/materiais dentários, são difíceis de desfocar com eficácia, porque são mais densas do que as estruturas visíveis no corte tomográfico. Estas estruturas podem persistir na imagem, contudo, irão ofuscar as estruturas de verdadeiro interesse anatómico para o planeamento cirúrgico de implantes, constituindo um obstáculo à obtenção de imagens com a qualidade desejada (Misch, 2008). A qualidade da imagem tomográfica vai depender de 3 fatores: o tipo de movimento tomográfico, a espessura do corte e o grau de ampliação. O tipo de movimento tomográfico é talvez o fator mais importante na qualidade da imagem obtida, sendo que são os movimentos complexos que têm maior capacidade de desfocagem da imagem e, por isso, são mais utilizados quando comparados com os movimentos lineares. O tipo de movimento influencia a nitidez e resolução das imagens observadas. Neste sentido, os movimentos hipocloidais permitem a observação de imagens com maior nitidez do que as tomografias lineares, por isso é amplamente aceite como sendo o mais efetivo (Beltrán Silva et al., 2003; Misch, 2008).

As imagens obtidas têm uma ampliação constante e conhecida, pelo que podem dar medidas precisas, através de uma régua especial fornecida com uma escala específica, no caso da tomografia convencional, ou através de um programa de medições calibrado, no caso da tomografia digital. Através desta régua digital é possível determinar o posicionamento do implante no osso alveolar (Jayadevappa et al., 2010; Monsour & Dudhia, 2008).

A ampliação constante depende da distância entre o foco e a película e entre a película e o objeto e apresenta uma ligeira variação entre 10% e 30%, sendo que quanto

maior for a amplitude executada pelo trajeto do tubo de raio X, mais fino será o corte tomográfico obtido e, conseqüentemente, melhor a qualidade da imagem produzida (Dattatreya et al., 2016; Misch, 2008; Misch E., 2006; Sharma et al., 2018). Apesar de ser constante, varia de aparelho para aparelho, tendo sido já relatados casos de ampliação que rondam os 40% e pode também variar entre movimentos, isto é, o fator de ampliação é constante nos movimentos hipocloidais, mas pode não ser uniforme nos movimentos lineares (Misch, 2008).

No que concerne à resolução das imagens obtidas pela tomografia convencional, existe uma variação, do centro do corte focal para a periferia, sendo que no interior destas regiões, é também variável. Assim sendo, no centro do corte focal a resolução pode rondar valores de 2,9 a 5 pares de linhas por milímetro (pl/mm) e diminui na periferia, onde os valores se situam entre 1,2 a 1,5 pares de linhas por milímetro (Beltrán Silva et al., 2003).

As imagens tomográficas digitais, permitem que haja uma melhor qualidade da imagem, pois permitem um aperfeiçoamento do contraste, redução da desfocagem e, ainda, a manipulação da imagem. Para além disso, a possibilidade de fazer um processamento destas imagens, permite a obtenção de informações adicionais acerca da densidade óssea relativa e volume ósseo. Auxilia na simulação da cirurgia de implantes, tendo um papel essencial no planeamento cirúrgico ao permitir a visualização da relação do potencial local de colocação do implante com as estruturas anatómicas circundantes (Aravind et al., 2018; Nagarajan et al., 2014).

As unidades tomográficas multifuncionais permitem a aquisição de imagens em diferentes planos. Possibilitam, também, a obtenção de imagens semelhantes às radiografias intraorais, contudo apresentam limitações que se prendem com o fator tempo. A duração deste exame pode ir até cerca de 20 minutos, sendo que durante este tempo o paciente tem de permanecer imóvel, por períodos de até 20 segundos, para a obtenção de cada imagem tomográfica de cada secção em questão. Para além desta desvantagem, é de salientar que a precisão da imagem pode estar comprometida, com uma nitidez das imagens menor. Isto pode ocorrer por ligeiros movimentos que são realizados pelo paciente, pelo desconforto causado (devido aos dispositivos de contenção e à duração do exame), pela sobreposição de estruturas adjacentes ou ainda pelo facto de os equipamentos para a execução deste tipo de exames não estarem facilmente disponíveis (Monsour & Dudhia, 2008; Waqar Hussain et al., 2017).

2.1.1. IMPORTÂNCIA NO PLANEAMENTO PRÉ-OPERATÓRIO

Os aparelhos tomográficos produzem cortes transversais da maxila e da mandíbula que podem ter a espessura de 1 mm, como se observa na figura 11 (Bagga et al., 2014b; Lingam et al., 2014; Misch, 2008; Misch E., 2006; Monsour & Dudhia, 2008) e são utilizados para avaliação pré e pós-implante, tendo utilidade na determinação da relação espacial entre estruturas anatómicas nobres e o potencial local de colocação do implante (Lingam et al., 2014; Misch, 2008; Misch E., 2006; Nagarajan et al., 2014). A tomografia convencional é útil para a planificação de implantes unitários, ou pertencentes a um mesmo quadrante, mas não é adequada em casos de múltiplos implantes (Jayadevappa et al., 2010; Misch, 2008; Misch E., 2006; Pandey et al., 2016; Sharda & Kant, 2012).

As imagens obtidas com a tomografia de movimentos complexos possibilitam a visualização do local do implante e, com a integração do mento, permite a visualização tridimensional do alvéolo, sendo possível obter a quantificação geométrica do mesmo, no entanto é preciso ter em consideração o fator ampliação. Tal situação verifica-se, pois este tipo de movimentos permite colocar em evidência os alvéolos, sendo uma vantagem a assinalar (Misch, 2008). Contudo, não é útil para determinar a qualidade óssea (densidade) ou para identificar patologias ósseas ou dentárias, sendo uma desvantagem que caracteriza este tipo de movimentos (Aravind et al., 2018; Jayadevappa et al., 2010; Lingam et al., 2014; Misch, 2008; Misch E., 2006; Nagarajan et al., 2014; Waqar Hussain et al., 2017).

Para além das aplicabilidades acima referidas, é importante salientar que a sua utilização no planeamento pré-cirúrgico de implantes, tem ganho cada vez mais adeptos, sobretudo pela utilização de imagens de corte transversal que fornecem informação adequada para visualização do canal mandibular. Quando é feita a comparação da tomografia convencional, espiral e hipocloidal, com a TC na medição das distâncias ao canal mandibular, a TC não parece demonstrar maior precisão. Contudo, quando é feita a comparação entre a tomografia com movimento em espiral e a tomografia com movimento hipocloidal, um estudo realizado permitiu concluir que a primeira apresenta uma maior precisão na identificação do canal, pois permite uma melhor visualização dos seus bordos. Este

estudo permite concluir que a tomografia convencional em espiral, é vantajosa para a avaliação e planificação da colocação de implantes em regiões posteriores da mandíbula. A maior imprecisão verificada na observação do canal mandibular é com a ortopantomografia (Beltrán Silva et al., 2003; Nagarajan et al., 2014).

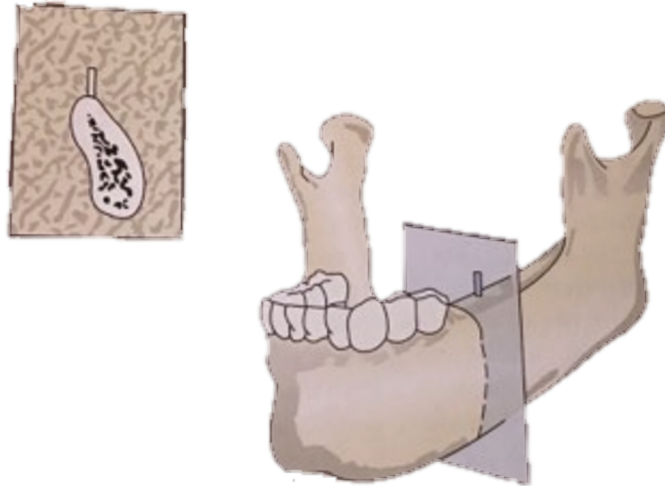


Figura 11- Corte transversal obtido com a técnica de Tomografia Convencional, adaptado de Misch, (2008)

2.1.2. VANTAGENS E DESVANTAGENS

Como vantagens da tomografia convencional podem assinalar-se a ampliação constante e a possibilidade de obtenção de imagens transversais, que com as técnicas bidimensionais não é possível. Contudo, a disponibilidade, o custo (quando comparada com a tomografia computadorizada), a necessidade de múltiplas imagens, a sensibilidade à técnica, a elevada dose de radiação e o aparecimento de estruturas desfocadas que podem prejudicar a observação de estruturas com interesse, são desvantagens (Misch, 2008).

Por outro lado, estas imagens apresentam ainda uma resolução limitada que é causada pela utilização de uma fita intensificadora que dificulta a visualização das estruturas

anatômicas, bem como a avaliação da topografia e morfologia ósseas (Misch, 2008; Nagarajan et al., 2014).

2.2. TOMOGRAFIA COMPUTORIZADA

A tomografia computadorizada foi divulgada na área da Imagiologia em 1972 por Godfrey N. Hounsfield, um engenheiro eletrônico inglês (Dattatreya et al., 2016; Misch, 2008; Misch E., 2006; Nagarajan et al., 2014; Rodrigues, 2007; Soni et al., 2016; Waqar Hussain et al., 2017). Teve a sua origem na matemática em 1917 e na astrofísica em 1956. Os primeiros tomógrafos surgiram nos departamentos de diagnóstico médico em meados dos anos 70, tendo tido um sucesso de tal forma elevado, que substituíram as tomografias complexas no início dos anos 80. Para além disso, introduziram uma revolução nos métodos de obtenção de imagens clínicas (Misch, 2008).

2.2.1. OBTENÇÃO DA IMAGEM

A TC é uma técnica imagiológica digital e matemática que cria cortes tomográficos dos tecidos de interesse. Um feixe de raios X com uma colimação precisa e vários algoritmos matemáticos são utilizados para a produção de imagens. A fonte de raios X é rigidamente presa a uma fileira de detetores de geometria *fan-beam*, que gira em torno do paciente 360° (figura 12), recolhendo os dados das estruturas de interesse. Posteriormente, o detetor de imagens, que está em estado gasoso ou sólido, captura os raios X que produzem sinais eletrônicos e possibilita que os dados obtidos sejam inseridos e processados por um *software* especializado, num computador, para serem analisados e, a partir deles, serem produzidas imagens transversais e panorâmicas (Misch, 2008; Surapaneni, Yalamanchili, Yalavarthy, & Reshmarani, 2013; White & Pharoah, 2015). Estes detetores apresentam uma eficácia de aproximadamente 80% (Misch, 2008; Misch E., 2006; White & Pharoah, 2015). Por outras palavras, no exame tomográfico os raios X não incidem sobre a película radiográfica, mas sim sobre sensores que, por sua vez, transformam a radiação em sinais elétricos processados em computador, originando uma imagem que é formada por múltiplos pontos que variam de tons, indo do cinza claro até ao preto, numa escala composta por 16 tonalidades diferentes (escala de *Hounsfield*). O tempo de

scanning é de um segundo, sendo que se multiplica pela quantidade de cortes axiais necessários (Carraro & Santos, 2014; White & Pharoah, 2015).

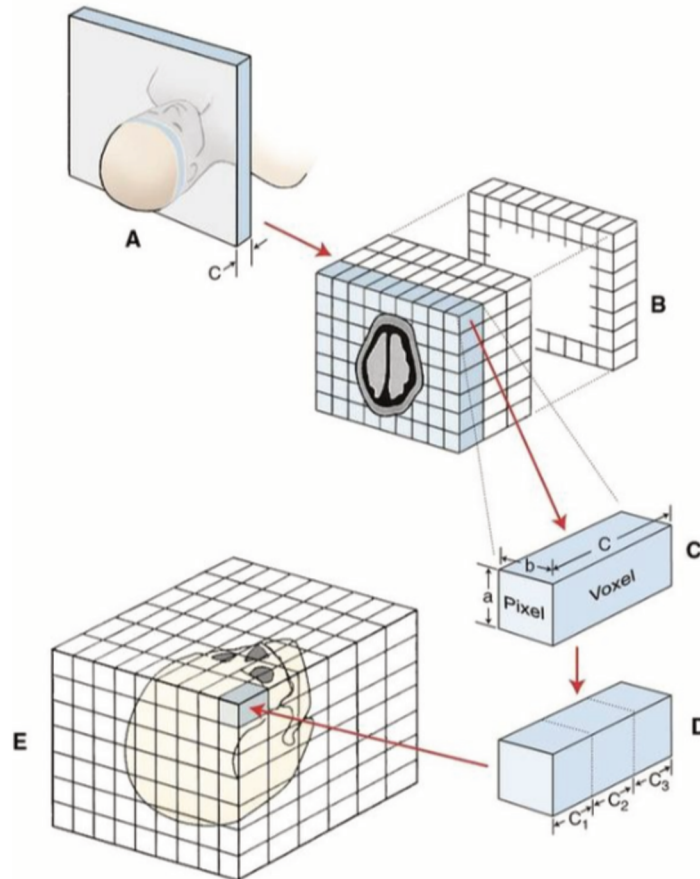


Figura 12- A- múltiplas projeções feitas em redor do paciente 360°. B- é construída uma imagem plana única a partir das características de absorção do objeto, sendo exibidas com diferenças de densidade óticas. C- a imagem consiste numa matriz de *pixels* que representa o *voxel*. D, os *voxels* cúbicos podem ser criados a partir do *voxel* retangular original. E, formação de imagens 3D e multiplanares, adaptado de White e Pharoah, (2015)

O conjunto final das imagens obtido é formado por várias tomografias axiais de sobreposição ou contíguas, produzidas perpendicularmente ao longo do eixo do corpo do paciente. Permite a geração de imagens seccionais de ambos os maxilares, bem como a observação de uma estrita região de interesse. Estes cortes obtidos não são afetados pelas estruturas anatómicas adjacentes, ou pela sobreposição das sombras destas mesmas estruturas que estão fora do plano focal, como acontecia com a tomografia convencional, ou seja, deixam de aparecer sombreados (artefactos) que poderiam induzir em erro (Alcoforado & Redinha, 2008; Lingam et al., 2014).

Os cortes apresentam um tamanho de 512 x 512 *pixels* (Misch, 2008; Soni et al., 2016; White & Pharoah, 2015). Alguns autores referem que podem ter um tamanho de

1.024 x 1.024 *pixels* (White & Pharoah, 2015). Têm uma espessura, habitualmente de 1mm, que é determinada pela camada de corte, e não sofrem qualquer distorção ou ampliação, pelo que as suas medidas correspondem às medidas reais, ou seja, a uma escala de 1:1 (Alcoforado & Redinha, 2008).

Com os aparelhos de TC atuais, as imagens reformatadas têm secções com espessura de 1 *pixel* (0,25mm) e com uma resolução planar de 1 *pixel* por intervalo de corte (0,5 a 1,5mm), obtendo-se uma resolução geométrica que é semelhante à das imagens planares. Os finos cortes, aliados à existência desta escala, possibilitam a medição imediata das diferentes distâncias nos cortes tomográficos obtidos, sem haver a necessidade de aplicar um coeficiente de correção (Aravind et al., 2018; Bagga et al., 2014b; Lingam et al., 2014; Misch, 2008; Misch E., 2006).

A imagem obtida pela TC é registada e exposta numa matriz de blocos individuais designados de *voxels* (elementos de volume), como observado na tabela 1. O *voxel* tem um valor que descreve a densidade da imagem num determinado ponto e esse valor é representado em unidades de *Hounsfield*. Cada *voxel* contém 12 bits de dados (quantidade de tons de cinza disponíveis) e varia entre -1000 (ar) até +3000 (esmalte/materiais dentários) unidades de *Hounsfield*. Todos os aparelhos de TC possuem como medida padrão 0 unidades de *Hounsfield* para a água. Por sua vez, cada quadrado da matriz da imagem é um *pixel* que é a unidade que descreve a intensidade da imagem num ponto específico, e é medida também em unidades de *Hounsfield*. O tamanho do *pixel* (cerca de 0,6mm) é determinado, parcialmente, pelo programa de computador utilizado para construir a imagem, e o comprimento do *voxel* (cerca de 1 a 20mm) é determinado pela espessura dos feixes de raios X (Dattatreya et al., 2016; Rodrigues, 2007; White & Pharoah, 2015).

Caracterização do tecido

<i>Ar</i>	-1.000
<i>Água</i>	0
<i>Músculo</i>	35-70
<i>Tecido fibroso</i>	60-90
<i>Cartilagem</i>	80-130
<i>Ossos trabecular</i>	150-900
<i>Ossos cortical</i>	900-1.800
<i>Dentina</i>	1.600-2.400

Esmalte

1.500-3.000

Tabela 1. Densidade absoluta e quantitativa das estruturas que é usada para diferenciar tecidos de uma região e determinar a qualidade óssea, adaptado de Misch, (2008)

2.2.2. IMPORTÂNCIA EM GERAL E NO PLANEAMENTO PRÉ-OPERATÓRIO

Através dos cortes tomográficos é possível visualizar a arquitetura óssea, as articulações temporomandibulares, os seios paranasais, infeções, osteomielite, quistos, tumores benignos e malignos, avaliar as lesões ósseo-dentárias, e as deformidades maxilofaciais e, ainda, fazer uma avaliação pré e pós-cirúrgica da região maxilofacial (Pandey et al., 2016; White & Pharoah, 2015). Mais recentemente, a TC permite a obtenção de imagens onde é possível visualizar os tecidos moles, ossos e vasos sanguíneos (Sharma et al., 2018). É possível adquirir informações acerca da espessura, altura e inclinação do processo alveolar, presença de defeitos ósseos linguais na região posterior da mandíbula e também acerca das estruturas anatómicas e topográficas (Alcoforado & Redinha, 2008; Santos, 2014).

Neste sentido, talvez a característica mais importante da TC seja a capacidade de diferenciar e quantificar os tecidos moles e duros, em imagens que são obtidas com elevada densidade. Isto tornou possível, pela primeira vez, a observação destas estruturas, sem haver a necessidade de injeção de um meio de contraste, que se constitui como um procedimento bastante invasivo para o paciente (Misch, 2008).

A densidade absoluta e quantitativa que caracteriza as imagens obtidas é, não só útil para diferenciar os tecidos da região representada no corte seccional, como também para caracterizar a qualidade óssea (Bagga et al., 2014; Misch, 2008; Nagarajan et al., 2014).

A densidade óssea, é uma característica que para além de poder ser determinada através de meios radiográficos, pode também ser determinada pela sensibilidade tátil durante a cirurgia de implantes. A avaliação da densidade óssea e a sua relação com a

implantologia existe há mais de 25 anos. Duas classificações foram propostas para a densidade óssea: a classificação de Linkow, que surgiu em 1970, e a classificação de Misch. A classificação de Linkow caracteriza a densidade óssea em três categorias:

1. Estrutura óssea classe I: é um tipo de osso que consiste em trabéculas uniformes e espaçadas com pequenos espaços esponjosos. É o tipo de osso ideal e o mais apropriado para colocar próteses implanto-supertadas;
2. Estrutura óssea classe II: é um tipo de osso que possui espaços esponjosos maiores e com menor uniformidade no que concerne ao padrão ósseo. É um tipo de osso satisfatório para a colocação de implantes;
3. Estrutura óssea classe III: é um tipo de osso que se caracteriza pela existência de grandes espaços preenchidos por medula entre o trabeculado ósseo. Este tipo de osso resulta numa perda de adaptação do implante (Misch, 2008).

Qualidade do osso

<i>Densidade</i>	<i>Unidades de Hounsfield</i>
<i>D1</i>	1.250
<i>D2</i>	850-1.250
<i>D3</i>	350-850
<i>D4</i>	150-350
<i>D5</i>	<150

Tabela 2. Qualidade do osso determinada pela TC, adaptado de Misch, (2008)

De acordo com Misch, o osso é classificado quanto à sua densidade em 4 categorias, crescentes, de D1 para D4 (tabela 2):

1. Tipo D1: é um osso principalmente do tipo cortical. Localiza-se tipicamente na região anterior da mandíbula;
2. Tipo D2: é um tipo de osso que apresenta uma cortical porosa e densa na zona da crista e, no seu interior, tem um trabeculado grosso. Existe uma crista cuja cortical é porosa e mais fina e um osso trabecular que é fino na região próxima ao

- implante. Localiza-se tipicamente na região anterior e posterior da mandíbula e na região anterior da maxila;
3. Tipo D3: é um osso quase desprovido de crista óssea cortical e o trabeculado do osso fino que o constitui, compõe quase a totalidade do volume ósseo perimplantar. Localiza-se principalmente na região anterior e posterior da maxila e na região posterior da mandíbula;
 4. Tipo D4: é um osso muito macio, com mineralização incompleta e espaços intratrabeculares grandes. É frequentemente considerado como um osso imaturo e localiza-se maioritariamente na região posterior da mandíbula (Misch, 2008).

A TC é a técnica imagiológica mais utilizada no planeamento de implantes, pois fornece informações que outras técnicas ou combinações de técnicas, não são capazes de fornecer (como por exemplo a dimensão real do osso), bem como possibilita a obtenção de imagens de estruturas anatómicas vitais na seleção do local a colocar o implante (Misch, 2008; Pandey et al., 2016).

A TC veio tornar mais simples e preciso o planeamento para a colocação de implantes, mas não substitui por completo as técnicas radiográficas bidimensionais, cabendo ao Médico Dentista selecionar a técnica de imagem que melhor se adequa ao tipo de planeamento a realizar (Santos, 2014).

A obtenção destas imagens em diversos planos, disponíveis para reconstruções tridimensionais, possibilita, então, o estudo de múltiplos locais para a colocação de implantes nas várias zonas da maxila e da mandíbula (Lingam et al., 2014; Nagarajan et al., 2014) Tal situação, só é possível devido à reformatação dos dados de imagem, que é feito em computador, para se obterem cortes tomográficos transversais e tangenciais do local do implante (Pandey et al., 2016). Atualmente, a disponibilidade de uma grande variedade de *softwares*, com utilidade na interpretação dos cortes tomográficos, possibilita a realização de uma simulação da cirurgia de colocação de implantes, permitindo uma otimização da mesma, principalmente quando é integrado um modelo protético ideal. Assim, a visualização da maxila ou da mandíbula num ecrã de computador, bem como a simulação dos vários locais de colocação do implante, são possíveis e facilitam o planeamento pré-operatório, já que o implante pode ser colocado praticamente no local proposto para

verificar e confirmar a sua precisão. É uma vantagem da técnica, pois permite uma economia de tempo ao Médico Dentista e ao paciente (Alcoforado & Redinha, 2008)

Nos casos em que uma integração da estrutura protética é feita, ajustes nos parâmetros estéticos e biomecânicos podem ser feitos a fim de melhor prever o resultado final (Alcoforado & Redinha, 2008). Estas reconstruções tridimensionais, não podem ser realizadas pelas técnicas convencionais, pelo que se revela uma vantagem da TC em relação a elas. Contudo, é uma desvantagem inerente à própria técnica, pois o custo da sua realização encarece o orçamento do tratamento com implantes (Waqar Hussain et al., 2017).

A TC começou a ter maior utilidade na avaliação pré-operatória, pois a partir dos anos 80, os dispositivos adquiriram a capacidade de produzir imagens contínuas, com uma espessura de cerca de 1,5-2mm, e atingiram a resolução necessária para visualizar o canal mandibular e o padrão trabecular do osso medular do maxilar e da mandíbula (Frederiksen, 1995).

A TC está sobretudo indicada, quando existe dificuldade em observar o canal mandibular e a sua relação com a crista óssea alveolar, como acontece com as imagens bidimensionais e, mais precisamente, com a ortopantomografia. Em casos de implantes unitários, múltiplos ou complexos, na região anterior da maxila e na região anterior ou posterior da mandíbula, e em situações em que os rebordos residuais tenham uma configuração em “lâmina de faca”, a TC é bastante útil. O seio maxilar (figura 13), o buraco mentoniano (figura 14), as fossas nasais, dentes adjacentes, dentes inclusos, a detenção de eventuais patologias, as irregularidades da maxila e da mandíbula, bem como informação acerca do padrão ou arquitetura trabecular (figura 15) são, para além dos referidos anteriormente, também objetivos alcançados com esta técnica (Santos, 2014).

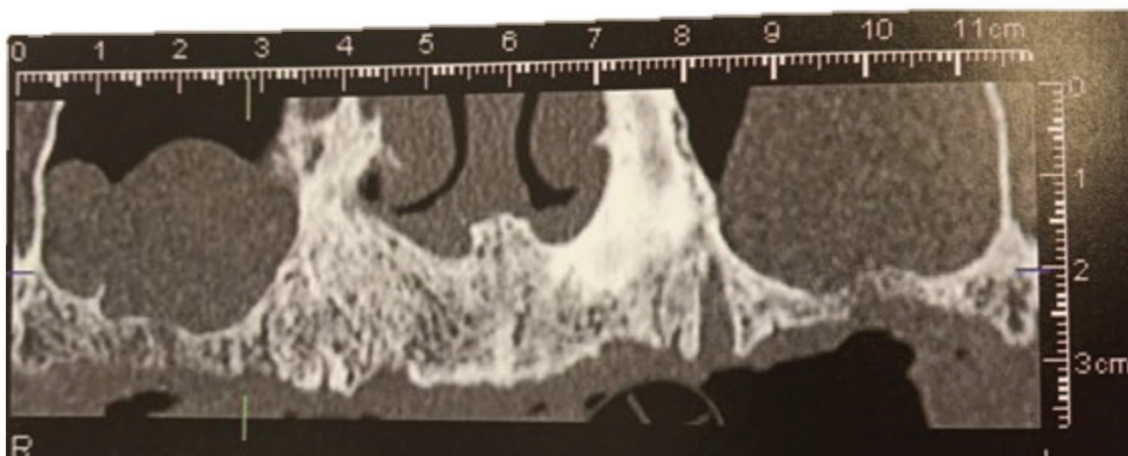


Figura 13- Corte panorâmico que permite visualizar as fossas nasais e os seios maxilares, adaptado de Alcoforado & Redinha, (2008)

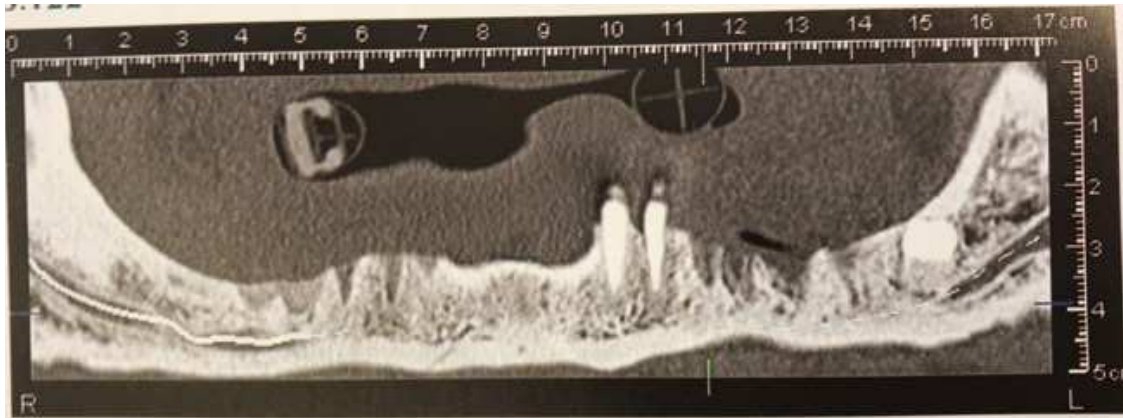


Figura 14- Corte panorâmico que permite visualizar os foramina mentonianos e o trajeto dos nervos alveolares inferiores, adaptado de Alcoforado & Redinha, (2008)



Figura 15- Corte axial que permite visualizar a posição do canal mandibular e a morfologia do rebordo ósseo nessa zona, adaptado de Alcoforado & Redinha, (2008)



Figura 16- Cortes axiais, com distância de 1mm, utilizando uma escala de medição, adaptado de Alcoforado & Redinha, (2008)

2.2.3. VANTAGENS E DESVANTAGENS

Para além das vantagens aplicadas à implantologia já mencionadas, a TC tem outros benefícios, de entre os quais se destacam a ampliação uniforme, possibilidade de obter imagens com uma boa definição, elevado contraste e maior facilidade na identificação de enxertos ósseos a utilizar na elevação do seio maxilar, quando há necessidade (Alcoforado & Redinha, 2008).

Produz imagens sem distorções ou sobreposições e com elevado grau de resolução, o que torna possível distinguir tecidos cuja diferença de densidade física é inferior a 1%. A radiografia convencional necessita de uma diferença de 10% de densidade física para que possa haver essa mesma distinção de tecidos (Rodrigues, 2007; White & Pharoah, 2015). Outra característica positiva da TC é a possibilidade de ajustar a imagem após ter sido realizado o *scanning*. Assim, é possível ajustar o contraste ou a escala de cinzas, de forma a que a visualização das zonas anatómicas de interesse seja mais fácil e precisa (Rodrigues, 2007).

Para além das vantagens apresentadas, um conjunto de desvantagens há a assinalar: elevado custo, doses de radiação mais elevadas (Alcoforado & Redinha, 2008; Dattatreya et al., 2016; Monsour & Dudhia, 2008; Waqar Hussain et al., 2017),; sensibilidade à técnica; disponibilidade limitada de *scanners* de TC e presença de artefactos lineares, consequência das restaurações metálicas que se encontram nos dentes adjacentes e nas reabilitações protéticas sobre implantes (Alcoforado & Redinha, 2008; Nagarajan et al., 2014). A presença destes artefactos, torna impossível a utilização da TC como exame de *follow-up* (Alcoforado & Redinha, 2008).

2.2.4. IMPORTÂNCIA NA AVALIAÇÃO DOS LEITOS PARA IMPLANTES NA MAXILA E NA MANDÍBULA

Uma análise pré-operatória da mandíbula e maxila requer cuidados acrescidos e especiais no que concerne aos detalhes anatómicos, já que o tipo de osso difere de paciente para paciente (Rodrigues, 2007).

Na mandíbula, os detalhes anatómicos que se revestem de maior importância são, o contorno do osso alveolar e a localização do nervo alveolar inferior, já que a compressão deste último pode conduzir a uma alteração e/ou perda de sensibilidade dentária e do lábio inferior. Apesar das técnicas bidimensionais, como a ortopantomografia e as radiografias periapicais, permitirem uma observação do nervo, não possibilitam a sua observação no sentido vestibulo-lingual ou transversal que só é visível com cortes axiais de TC. É, também, sabido que em pacientes edêntulos, o canal mandibular pode ter uma localização próxima à superfície do processo alveolar. Consequentemente, estes pacientes serão alvo de um maior nível de reabsorção óssea e, estudos em mandíbulas com reabsorção, referem que a altura óssea difere por vestibular e por lingual, o que muitas das vezes pode induzir o Médico Dentista em erro. Assim, a TC ao permitir a reformatação axial oblíqua da imagem mostra de forma precisa e nítida o nível ósseo tanto por vestibular como por lingual e torna possível a observação do rebordo alveolar, côncavo ou convexo, no leito do implante (Rodrigues, 2007).

Na maxila, as limitações a que está sujeito o Médico Dentista são a precisão do tamanho e contorno do processo alveolar, a localização de ambas as corticais ósseas e

estruturas anatómicas; estas últimas a evitar durante o procedimento cirúrgico. Tal como na mandíbula, a avaliação do contorno e forma do leito alveolar para colocação do implante, é feita com recurso à reformatação axial oblíqua, que permite a obtenção de cortes axiais que mostram a forma, espessura, altura alveolar e a localização e viabilidade da cortical óssea. É de extrema importância os cortes axiais já que eles são uma ferramenta fundamental para o Médico Dentista localizar a cortical óssea do pavimento da cavidade nasal ou do seio maxilar. A utilização da TC pré-implante é também útil, pois permite a visualização de estruturas anatómicas como o canal incisivo, de forma a evitar a sua invasão durante a cirurgia (Rodrigues, 2007).

A TC permite a avaliação intraóssea dos locais para colocação de implantes através da utilização de marcadores radiopacos, que são colocados sobre o local do implante para que este seja corretamente avaliado. Insere-se uma escala milimétrica sobre a imagem para se obter medidas com um determinado grau de confiança. A *gutta-percha* é um marcador utilizado com frequência pelo facto de não produzir artefactos (Rodrigues, 2007).

2.2.5. COMPARAÇÃO COM A ORTOPANTOMOGRÁFIA

Como é sabido, os requisitos mais importantes a ter para qualquer área edêntula que vá ser reabilitada com um implante são, a altura do osso/crista alveolar e a posição do canal mandibular. Um estudo que comparou a ortopantomografia com a TC e a radiografia digital concluiu que a ortopantomografia é útil para obter dados específicos acerca destes requisitos, de forma simplificada e mais económica. Contudo, devido a algumas desvantagens que lhe são inerentes como a ampliação e a falta de controle verificado na angulação entre o feixe de raios X e os planos vertical e horizontal (que pode contribuir para distorções e medições imprecisas de vários locais na maxila e na mandíbula) deve recorrer-se, sempre que possível, a técnicas de imagem mais avançadas, como a TC. A TC deve ser uma opção preferível à ortopantomografia já que é possível obter cortes 3D com a mínima distorção (Athota et al., 2017). A TC é útil na determinação precisa da colocação do implante, na seleção do tamanho e eixo do implante, bem como auxilia na medição do osso nas três dimensões, facilitando a colocação do mesmo na posição pretendida. Para além disso, a TC fornece informações detalhadas acerca dos vários padrões ósseos, das várias alterações anatómicas, presença de canais ósseos incomuns,

calcificações ósseas e corpos estranhos, o que é extremamente vantajoso, não só para a colocação do implante, como na previsão e prognóstico da cirurgia e integração do mesmo. Também, informações acerca dos padrões anatómicos e histológicos das corticais vestibulares e linguais podem ser obtidas (Athota et al., 2017).

No entanto, é necessário ter em conta as limitações inerentes à TC e que podem dificultar a realização do exame por alguns pacientes, como pessoas com claustrofobia e dificuldades económicas. O facto de ser vantajosa a existência de um *software* de TC, torna esta técnica menos aceite por parte dos consultórios médicos, pois é mais dispendioso. Ainda a referir a maior dose de radiação a que estão sujeitos os pacientes, mais elevada do que numa ortopantomografia (Athota et al., 2017).

Assim, considerando os prós e contras de ambas as técnicas, é possível afirmar que a TC é um meio radiográfico mais vantajoso e recomendado no planeamento de implantes quando comparada à ortopantomografia, mas em situações de falta de cooperação por parte do paciente, a ortopantomografia é uma ótima alternativa. A ortopantomografia mostra resultados precisos para a medição do comprimento apenas num único plano. Este estudo comparativo, permitiu concluir que a TC permite uma melhor determinação das medidas nos três planos, o que se torna benéfico no planeamento pré-operatório. Apesar disto, mais estudos, com um maior número de indivíduos, são necessários para estabelecer diretrizes de orientação imagiológica oral e maxilofacial, com as técnicas avançadas de imagem disponíveis (Athota et al., 2017).

2.3. DENTASCAN

O DentaScan é uma tecnologia específica de TC, introduzido em 1980 (Sharma et al., 2018), que utiliza um programa de computador cuja função é visualizar, organizar e reformatar as imagens a ser estudadas (Bagga et al., 2014). Surgiu devido às limitações claras no que concerne à entrega dos resultados da TC. Isto é, após a realização do exame, o técnico de radiologia tinha de ir ao computador ou estação de trabalho, durante um tempo consideravelmente longo, para fazer a reformatação das imagens obtidas e enviá-las ao Médico Dentista. Para acelerar este processo, o DentaScan foi desenvolvido, o que veio facilitar a obtenção dos resultados imagiológicos (Misch, 2008).

Para realizar as imagens de DentaScan, o operador/técnico de radiologia, indica a curvatura do maxilar ou da mandíbula e o computador é programado para gerar imagens

transversais, tangenciais, panorâmicas do processo alveolar, bem como imagens tridimensionais da maxila e da mandíbula (Bagga et al., 2014b; Lingam et al., 2014; Misch, 2008; Misch E., 2006; Soni et al., 2016).

As imagens transversais e panorâmicas, apresentam um espaçamento de 1mm entre elas e possibilitam um planeamento preciso do tratamento pré-cirúrgico de implantes, pois permitem uma avaliação da morfologia óssea e a medição do implante a colocar. Por outras palavras, o DentaScan é um *software* exclusivo que fornece imagens de TC em três planos de referência: panorâmico, transversal e axial (Lingam et al., 2014; Misch, 2008; Misch E., 2006)

As imagens são obtidas por equipamentos de TC em espiral. A mandíbula do paciente é mantida numa posição fixa sobre uma superfície de isopor (poliestireno expandido), acoplada ao suporte para a cabeça do aparelho de TC, de forma a que o doente esteja na posição correta, sendo que a base da mandíbula se encontra perpendicular ao plano horizontal. Os cortes axiais obtidos têm uma elevada resolução, espessura de 1,5mm e com intervalos entre os vários cortes de 1mm. Estes dados obtidos são, posteriormente, transferidos para uma estação de trabalho e reformatados pelo DentaScan a fim de obter imagens panorâmicas e axiais. Por sua vez, estes dados axiais podem ser armazenados em CD-R e transferidos para um computador com monitor LCD de 15,1 polegadas para reconstruir as imagens através do *software* (Siddhartha et al., 2013).

É um exame extremamente simples de realizar. É indolor para o paciente, tem uma duração de breves minutos e é recomendado que o mesmo se faça acompanhar de roupas largas e confortáveis, sem fechos de metal ou fechos de correr, ou que utilize uma bata hospitalar. Ausência de bijuteria, prótese, perucas, ganchos de cabelo ou aparelhos auditivos são requisitos obrigatórios para a realização do exame, sendo que pacientes alérgicos ao iodo e ao marisco devem ser medicados antes, e as grávidas ou mulheres em amamentação devem comunicar ao técnico de radiologia a situação em que se encontram (Siddhartha et al., 2013).

“O programa de tomografia computadorizada *DentaScan* ou reformatação multiplanar promove uma clara e compreensiva avaliação pré-operatória de pacientes que realizarão implantes dentários” (Rodrigues, 2007).

O *DentaScan* apresenta várias limitações de entre as quais se destacam:

1. As imagens não estão necessariamente no tamanho real e necessitam de ser compensadas devido à ampliação;
2. A determinação da qualidade óssea requer a utilização do computador de origem ou da estação de trabalho, ou seja, onde foram obtidas as imagens;
3. As imagens de *DentaScan* apresentam uma gama limitada de cinzas;
4. A inclinação da cabeça do paciente durante o exame é um facto que se revela crítico, pois todas as imagens transversais são perpendiculares às imagens no plano axial;
5. Elevado custo;
6. Exposição a elevada quantidade de radiação (Misch, 2008).

Normalmente é necessário que exista um modelo de diagnóstico, também designado de guia tomográfico, que possibilita ao Médico Dentista incorporar o plano de tratamento tridimensional do resultado protético final no exame de imagem. O *DentaScan* ainda se revela útil na avaliação da anatomia do paciente em relação ao local proposto para colocação do implante, à oclusão e também à estética propostas ao mesmo. Para além disso, é extremamente vantajoso na transmissão destas possibilidades para o paciente durante a cirurgia (Lingam et al., 2014; Misch, 2008). É utilizado para a planificação de implantes unitários e múltiplos e para o aumento do rebordo e da crista edêntula (Thakkar & Rai, 2017).

Em suma, permite identificar detalhes da anatomia dentária em endodontia, como raízes, identificar patologias dos tecidos moles e duros, determinar a quantidade óssea e a qualidade óssea (Misch, 2008; Soni et al., 2016; Waqar Hussain et al., 2017), determinar a posição e inclinação dos implantes a colocar (Misch, 2008; Soni et al., 2016) e identificar claramente estruturas anatómicas como o canal e o buraco mandibular, o buraco mentoniano, margens corticais vestibulares e linguais e a parede do seio maxilar (Siddhartha

et al., 2013). Este *software* bem como um outro designado de Dental CT, representam os *softwares* de planeamento pré-operatório mais comuns em implantologia, pois permitem estudar com elevada precisão os limites de osteointegração do implante (Siddhartha et al., 2013).

É sugerida a utilização de ortopantomografias para colocação em segurança de implantes com o comprimento adequado, mas em situações cuja altura vertical é inadequada e se coloca a opção de colocar o implante lateralmente ao buraco mandibular, as imagens de DentaScan devem ser utilizadas pela equipa cirúrgica de forma a obter os melhores resultados possíveis (Siddhartha et al., 2013).

2.4. TOMOGRAFIA COMPUTORIZADA INTERATIVA

A Tomografia Computorizada Interativa é um dos avanços mais significativos da TC, pois veio resolver muitas das suas limitações. Inclusive, foi desenvolvida com o intuito de colmatar a lacuna existente na transferência de informações a partir dos dados obtidos da TC para a sua utilização na realização do diagnóstico e elaboração do plano de tratamento em Implantologia (Lingam et al., 2014). É uma técnica de diagnóstico com elevada relevância quando comparada às técnicas convencionais utilizadas no planeamento de implantes (Dattatreya et al., 2016; Kumar et al., 2014).

Este exame radiográfico permite que, o técnico de radiologia transfira ao Médico Dentista a imagem estudada, sob a forma de um ficheiro de computador (anteriormente sob a forma de película ou impressos), permitindo que este não só visualize as imagens como também possa interagir com elas, estudá-las e ajustá-las de acordo com as necessidades do paciente (Dias, Magrin, Bez, Benfatti, & Volpato, 2016; Misch, 2008). Passa a ter ferramentas, de entre as quais um *software*, que lhe permitem medir o comprimento e largura dos alvéolos, determinar a qualidade óssea e alterar o grau da escala de cinzas a fim de obter uma melhor perceção das estruturas nobres, que podem ser observadas também no modo normal ou com ampliação. As imagens obtidas são, tal como na TC, imagens transversais, axiais e panorâmicas, para além das tridimensionais, e possuem um marcador para que determinada região possa ser avaliada pelo Médico Dentista em cada uma das radiografias (Misch, 2008). Em 1993, um *software* com aplicabilidade neste âmbito foi desenvolvido. O *SIM-plant*, um *software* amplamente utilizado na área da

Medicina Dentária, permitiu que os Médicos Dentistas utilizassem os seus próprios computadores para fazer este planeamento interativo. O *SIM-plant* é um programa interativo de análise e planeamento que apresenta inúmeras vantagens, de entre as quais há a destacar a capacidade de avaliar a densidade óssea, identificar e medir a distância do implante às estruturas vitais e, ainda, fazer uma estimativa do volume necessário para fazer um enxerto sinusal. Permite a visualização dos implantes, numa perspetiva 3D, tornando possível verificar o paralelismo, reduzindo, assim, a carga de deslocamento dos implantes. Para além disso, o seu potencial é verificado quando a posição final da prótese é traduzida para a TC, após o enceramento de diagnóstico e a confeção das guias, o que vai permitir colocá-la na posição correta (Dattatreya et al., 2016).

A tomografia é realizada e os dados reformatados são posteriormente transferidos para o *SIM-plant* que faz a análise e o planeamento interativo dos mesmos. Após o processamento dos dados, estes são enviados para os sistemas de implante para ser construído o guia diagnóstico que auxiliará na colocação precisa do implante de acordo com o planeamento que foi feito (Dattatreya et al., 2016). Para além do *SIM-plant*, outros softwares estão disponíveis para o mesmo efeito, como o *scan dental plus* ou o *pix de dente* (Cemax Inc., Fremont, Califórnia) (Pandey et al., 2016).

Os *surgi-guides* ou guias cirúrgicos (figura 17) são guias de perfuração, com diâmetros sucessivos, fabricados por um processo de esterolitografia. O *surgi-guide*, utiliza o *software SIM-plant* para planificar a posição ideal do implante. O facto de serem guias de perfuração reveste-os de uma elevada importância, pois permitem que trajetória e profundidade de sequência de perfurações sejam realizadas na posição previamente determinada, e indicam quando existe alteração dos parâmetros de perfuração pré-determinados (Dias et al., 2016; Misch, 2008).

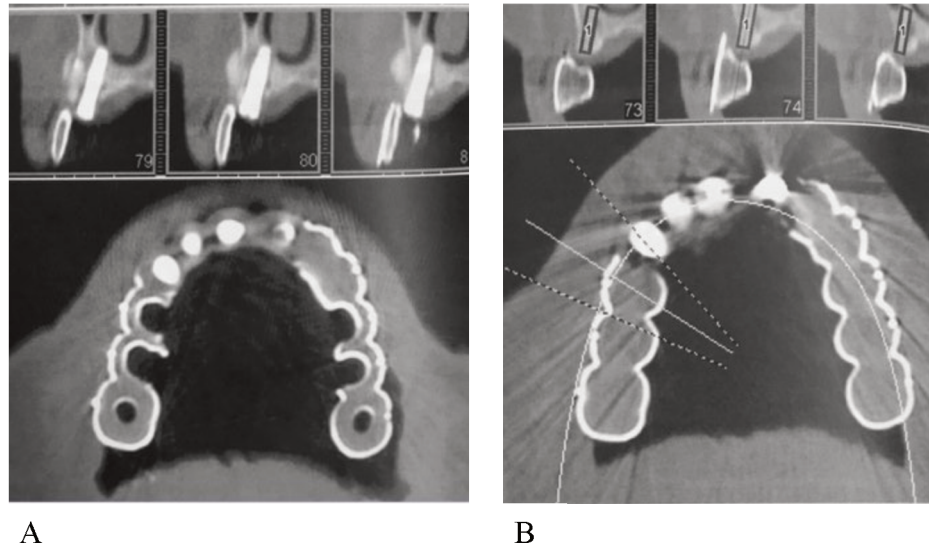


Figura 17- Guia diagnóstico e cirúrgico: tomografia computadorizada interativa com cirurgia eletrônica. A- confecção do guia diagnóstico, com fios ortodônticos colocados na superfície vestibular para indicar a orientação do implante. B- confecção do guia cirúrgico pela modificação do guia de diagnóstico, adaptado de Misch, (2006)

2.4.1. OBTENÇÃO DA IMAGEM

O primeiro passo no processo de obtenção das imagens de TCI é a realização de impressões em alginato, que são posteriormente vazadas a gesso para confeccionar os modelos de estudo. Com estes modelos é possível realizar-se um enceramento de diagnóstico, que é feito para se obter o resultado protético desejado e para poder mostrar ao paciente qual será o resultado que poderá observar na sua cavidade oral no fim do procedimento estar completo. É o protésico quem faz o enceramento de diagnóstico e é fundamental para a confecção de próteses sobre implantes, de forma a evitar a colocação do implante onde não seja possível a realização de uma adequada restauração, ou onde o osso é insuficiente para a sua colocação (Dias et al., 2016; Misch, 2008).

O enceramento de diagnóstico melhora a comunicação protésico-clínico e quando o clínico tem em sua posse o enceramento de diagnóstico e os exames radiográficos adequados, habitualmente a tomografia, tem a capacidade de determinar o posicionamento do implante. Para identificar o local da colocação do implante, de acordo com a oclusão do paciente, a relação funcional, estática e dinâmica da condição oclusal, a análise por intermédio deste enceramento de diagnóstico é um requisito fundamental. Para além disso, a obtenção de informações acerca do eixo ideal para distribuição de cargas, por

intermédio deste enceramento, permite que estas sejam transferidas depois para os guias radiográficos e cirúrgicos durante o plano de tratamento. (Dias et al., 2016; Misch, 2008).

Apesar da TC permitir identificar a altura e largura óssea disponível com elevada precisão, a posição e orientação do implante, que frequentemente dita o seu comprimento e diâmetro, são muitas vezes determinados pela prótese, daí a importância da confecção dos guias de diagnóstico; para serem utilizados durante a obtenção das imagens (Misch E., 2006).

Os primeiros guias foram usados em cirurgias de prótese com protocolo de carga imediata, já que estas podem ser utilizadas pré, intra ou pós-operatório. O enceramento só é feito em casos de pacientes parcialmente desdentados, pois os pacientes totalmente desdentados têm duas opções: se a prótese estiver num estado satisfatório em termos de função e estética, opta-se pela duplicação da prótese existente e os guias são assim obtidos; caso a prótese não esteja nas devidas condições ou se o paciente não a possuir, opta-se pela realização de uma nova prótese e o técnico vai encerar a posição dentária desejada para a confecção do guia. O guia é fabricado em resina acrílica e deve obedecer a um conjunto de regras:

1. Conter aberturas na região lingual para aceder à área cirúrgica;
2. Apresentar aberturas na área vestibular para colocar o material de moldagem;
3. Extensões distais bem apoiadas sobre o rebordo, para dar estabilidade ao guia durante o procedimento cirúrgico;
4. Reprodução do contorno vestibular da futura prótese;
5. Anatomia oclusal completa até à zona dos molares, de forma a permitir a obtenção de um registo oclusal (Dias et al., 2016; Misch, 2008).

A partir do enceramento de diagnóstico, é fabricado um guia radiopaco que, por sua vez, será utilizado pelo paciente durante a TCI. Este guia radiopaco, também designado de guia de diagnóstico, permite a transferência da posição correta dos dentes para o exame radiográfico e obtém-se uma relação entre esta e a topografia óssea subjacente, o que vai tornar possível o estabelecimento da posição e angulação dos implantes a colocar durante a cirurgia (Misch, 2008).

O guia é coberto com acrílico com sulfato de bário, utilizam-se marcadores de *gutta-percha* ou ainda dentes radiopacos. São estes guias, que posteriormente, são modificados para serem utilizados como guias cirúrgicos durante o procedimento cirúrgico

(Misch, 2008; Misch E., 2006; Surapaneni et al., 2013). Os guias de diagnóstico para exames tomográficos são, normalmente, menos precisos do que os que são utilizados para exames de TC, pois a informação da tomografia convencional não é tão precisa ou tão detalhada quanto a da computadorizada. O guia tomográfico mais simples obtém-se através da prensagem a vácuo do paciente, com esferas de 3mm aplicadas na suposta localização dos implantes a colocar. Posteriormente, vários tomogramas são produzidos e neles é possível identificar a posição do implante devido à nitidez das esferas utilizadas. Para além das esferas terem esta função, elas podem ser, tal como na ortopantomografia, utilizadas como medida da ampliação do sistema, embora a ampliação seja conhecida e fixa na maioria destes sistemas (Misch E., 2006).

2.4.2. IMPORTÂNCIA NO PLANEAMENTO PRÉ-OPERATÓRIO

A TCI reveste-se de elevada importância no planeamento pré-cirúrgico de implantes, pois possibilita que o técnico de radiologia e o próprio Médico Dentista realizem, através de uma simulação, uma cirurgia eletrónica (Bagga et al., 2014b; Lingam et al., 2014; Nagarajan et al., 2014; Sharma et al., 2018; Soni et al., 2016; Thakkar & Rai, 2017; Waqar Hussain et al., 2017).

Para a realização da cirurgia, cilindros de tamanho aleatório são selecionados e posicionados de forma arbitrária, para simular o implante de formato radicular nas imagens (Lingam et al., 2014; Sharma et al., 2018; Soni et al., 2016).

A cirurgia eletrónica, a principal vantagem desta tomografia, possibilita o desenvolvimento de um plano de tratamento tridimensional, pré-cirurgia, e adaptado à anatomia de cada paciente, que pode ser visualizado antes da cirurgia final pelo Médico Dentista e respetiva equipa. É, então, passível de sofrer modificações e de ser aprovado por todos, inclusive pelo paciente, para dar seguimento ao procedimento. Os implantes eletrónicos podem ser pré-visualizados, virtualmente, em orientações e posições arbitrárias, em relação uns aos outros, aos alvéolos, às estruturas anatómicas críticas e à possível estética e oclusão (Lingam et al., 2014; Misch, 2008) .

A TCI permite a determinação da qualidade óssea nos potenciais locais de colocação do implante (Bagga et al., 2014b). Quando este facto é aliado à capacidade de seleção do número e tamanho de implantes a colocar, a determinação com precisão das

características dos implantes a colocar é possível, mesmo antes do procedimento cirúrgico ocorrer, o que se torna uma vantagem da técnica no pré-operatório (Misch, 2008).

Esta técnica permite medir a largura e comprimento do alvéolo, ver a qualidade óssea alterando os níveis de cinza da imagem, o que vai também possibilitar uma maior percepção das estruturas críticas; transferir imagens para o Médico Dentista através de um ficheiro de computador e obter um plano de tratamento tridimensional adequado à anatomia do paciente são vantagens a assinalar (Bagga et al., 2014; Misch, 2008).

É a técnica imagiológica mais precisa para obter imagens de implantes, porém apresenta algumas limitações, como a dificuldade em obter o espaçamento, orientação e inclinação relativas dos implantes eletrónicos, pois as imagens que são obtidas são ortogonais e não tridimensionais; além disso, é um procedimento demorado. Nesses casos, a inclinação dos implantes deve ser aquela que se obteve com o guia de diagnóstico e não a inclinação observada nas imagens obtidas. Para além disso, a precisão e exatidão conseguidas na execução do plano de tratamento com recurso à TCI e à cirurgia eletrónica para a determinação do tamanho, inclinação, espaçamento relativo, relação espacial com estruturas vitais, estética e oclusão propostas, podem ser um desafio difícil de alcançar. Tal situação verifica-se já que a precisão pode ser de tal forma elevada, pois muitas vezes o posicionamento do implante estabelecido é de décimos de milímetros e a inclinação com apenas alguns graus, que só Médicos Dentistas com elevada experiência têm a capacidade de transferir os dados aprovados no plano de tratamento para o ato da cirurgia. Assim, não está ao alcance de todos a capacidade de converter o guia diagnóstico num guia cirúrgico; guia cirúrgico esse que permite a colocação precisa dos implantes na posição determinada, no momento da cirurgia (Misch, 2008; Misch E., 2006).

Dados clínicos e estudos comprovam que os guias cirúrgicos computadorizados melhoram o posicionamento do implante, e permitem que haja uma transferência mais precisa do plano de tratamento previamente determinado, para o ato da cirurgia, permitindo uma otimização da mesma. Outros estudos apoiam os anteriores, referindo também melhores resultados de precisão e exatidão do procedimento cirúrgico, quando são utilizados estes guias (Misch, 2008; Misch E., 2006).

PLANO DE TRATAMENTO PRÉ-OPERATÓRIO RECOMENDADO

Com o desenvolvimento da tecnologia, a TC e estes *softwares* interativos, o plano de tratamento pré-operatório tornou-se muito mais preciso e facilitador da cirurgia de implantes. Devido à elevada dificuldade de posicionamento ideal dos implantes, os *softwares* interativos, aliados aos guias diagnósticos, surgiram de forma a colmatar estas dificuldades e auxiliar o Médico Dentista. Com estas informações e os restantes meios radiológicos disponíveis, a avaliação de imagens pré-operatórias passou a ser feita de acordo com as recomendações enumeradas na tabela 3 (Misch, 2008).

Imagens recomendadas para o plano de tratamento de implantes

1. Divisão A: osso disponível sem proximidade com estruturas nobres
a. Radiografia panorâmica
b. Radiografias periapicais complementares, se for necessário
2. Divisão A: osso disponível próximo a estruturas nobres
3. Divisão B: osso disponível
4. Divisão C: osso disponível
5. Divisão D: osso disponível (enxertos alográficos, autógráficos e de seio)
a. Radiografia panorâmica
b. Tomografia convencional ou computadorizada
c. Radiografias periapicais complementares
6. Divisão A, B, C, D: osso disponível no qual a tomografia computadorizada não distingue com clareza a localização exata do canal mandibular ou do buraco mentoniano
7. Infecção (osteomielites)
a. Imagem por ressonância magnética

Tabela 3. Recomendação da avaliação das imagens pré-operatórias, adaptado de Misch, (2008)

2.5. TOMOGRAFIA COMPUTORIZADA DE FEIXE CÓNICO

A Tomografia computadorizada de feixe cónico ou Tomografia volumétrica *cone beam*, é uma tecnologia relativamente recente e foi recomendada pela Academia

Americana de Radiologia Buco-Maxilo-Facial (AAOMR), como sendo a melhor opção radiográfica (Jacobs, Salmon, Codari, Hassan, & Bornstein, 2018; Lingam et al., 2014). Foi introduzida em 1998 e surgiu com o objetivo de suprimir algumas das desvantagens apresentadas pelos aparelhos radiográficos convencionais e pela TC (Misch, 2008; Sharma et al., 2018). O CBCT destaca-se por ser uma tecnologia que segue e respeita o princípio “as low as reasonably achievable” (ALARA), sendo que a média da dose de radiação absorvida por um aparelho destes é de aproximadamente 12,0 mSv (microsieverts), dose equivalente a cinco radiografias dentárias ou a 25% da radiação de uma ortopantomografia (Dattatreya et al., 2016; Jacobs et al., 2018; Misch, 2008; Pedroso, Garcia, Leles, Leles, & Silva, 2013;). Outros autores fazem referência, ainda, a diferentes valores de emissão de radiação equivalentes a cerca de 2 a 10 ortopantomografias. Contudo, estes níveis de radiação diferem de acordo com o dispositivo de CBCT utilizado e rondam valores entre os 10 μ Sv a 1000 μ Sv, que é o equivalente a 2-200 ortopantomografias (Aravind et al., 2018; Jacobs et al., 2018).

O princípio ALARA evoluiu para um outro, já que se obtivéssemos imagens com níveis tão reduzidos de radiação, elas poderiam não ter a utilidade desejada para a realização do diagnóstico. Como tal, foi então adaptado para ALADAIP que significa radiação tão baixa quanto diagnosticamente aceitável, sendo orientada para uma determinada indicação e específica para o paciente em questão (Jacobs et al., 2018).

Com a aprovação da *U.S. Food and Drug Administration* para a utilização do CBCT, é possível obter imagens mais precisas para um correto diagnóstico e os aparelhos utilizados para a sua aquisição estão mais facilmente disponíveis, pois podem estar no interior do consultório, o que torna mais cómodo, acessível e eficaz, possibilita uma maior economia de tempo na aquisição de imagens, permite a seleção da imagem mais adequada, bem como o seu ajuste de acordo com o objetivo pretendido (Misch, 2008; Santos, 2014).

“A introdução da imagem de CBCT anunciou a mudança de uma imagem bidimensional para uma abordagem volumétrica em imagens maxilofaciais” (White & Pharoah, 2015).

A imagem de CBCT é o avanço tecnológico mais significativo na obtenção de imagens maxilofaciais desde a introdução da ortopantomografia (Aravind et al., 2018;

White & Pharoah, 2015). Estas imagens foram inicialmente desenvolvidas comercialmente para utilização em angiografia, para obter imagens vasculares, no início dos anos 80 e, posteriormente, antes de utilização na área da Medicina Dentária, teve aplicação na radioterapia, onde eram utilizados sistemas fluoroscópicos ou simuladores modificados para obter cortes transversais do paciente. Era também utilizado em microtomografia de pequenas espécies para aplicações industriais e biomédicas. Atualmente, tem elevada utilização ainda na radioterapia, sobretudo na radioterapia intracraniana estereotáxica e da próstata. É utilizado o CBCT de megavoltagem, técnica que permite aos oncologistas obter imagens digitais de pacientes com cancro, de forma a simular e verificar os planos de tratamento efetuados. A utilização do CBCT não se cinge a estas áreas, alastrando-se a outros campos como o ramo automóvel, espacial, a indústria nuclear, entre outros (Guerrero et al., 2006).

Quando o CBCT é aplicado à Medicina Dentária, múltiplas são as vertentes em que se verifica a sua utilização: endodontia, ortodontia, traumatologia dentária, cirurgia apical, defeitos ósseos periodontais, planeamento pré-operatório de cirurgia periodontal, Medicina Dentária forense e cirurgia maxilofacial (Dattatreya et al., 2016; Waqar Hussain et al., 2017). Estima-se que aproximadamente 78% dos cirurgiões orais e maxilofaciais usufruam da tecnologia de CBCT. Dos cirurgiões maxilofaciais, 27,6% referem que o CBCT é a única modalidade disponível para obter uma imagem panorâmica e 49,6% dos programas de cirurgia oral e maxilofacial e 59,1% dos consultórios particulares utilizam-na no planeamento pré-operatório para a colocação de implantes dentários (Deeb et al., 2017).

Aparelhos de CBCT	Empresa	Tamanho da imagem reconstruída (diâmetro x altura)	Voltagem da fonte de raios-X (kV)	Corrente da fonte de raios-X (x tempo) mA(s)^a	Tempo (s) de scanning	Tamanho do voxel (xy)²
<i>3D Accuitomo</i>	J. Morita, Kyoto, Japan	4x3, 4x4, 6x6	60-80 (1kV)	1-10mA (0.1 mA)	18	0.125
<i>NewTom 9000</i>	<i>Quantitative Radiology, Verona, Italy</i>	13x13	110	15 mA ^b	72	0.29
<i>NewTom3G</i>		8x8, 10x10, 13x13, 15x15, 18x18, 22x22	110	15 mA ^b	36	0.16-0.42
<i>I-CAT</i>	<i>Imaging Sciences, Hatfield, Pennsylvania, USA</i>	16x21, 16x13, 16x8	120	12.48mAs, 23.87mAs, 46.72mAs	10, 20, 40	0.2-0.4
<i>CB Mercury Ray</i>	<i>Hitachi, Medical, Kyoto, Japan</i>	5.12x5.12, 10.2x10.2, 15x15, 19x19	60-120 (20kV)	10 ou 15mA	10	0.1-0.4
<i>3D Panoramic X-ray CT scanner PSR 9000N</i>	Asahi Roentgen, Kyoto, Japan	3.6x4, 4.1x4	60-100 (1kV)	2-12mA (2 mA)	20, 30	0.1-0.15

Tabela 4. Comparação das doses de radiação emitidas pelos vários dispositivos de CBCT disponíveis, adaptado de Guerrero et al., (2006)

Uma grande variabilidade de equipamentos CBCT estão disponíveis no âmbito da Medicina Dentária, o que resulta numa variação significativa nas doses de radiação emitidas (tabela 4), nos tempos de obtenção das imagens, na facilidade de uso, na resolução da imagem e na dinâmica do próprio *software*. O primeiro sistema comercial de CBCT aplicado à imagiologia maxilofacial, foi o *NewTom DVT 9000* pela empresa *Quantitative Radiology* em Verona, Itália (Guerrero et al., 2006; Jacobs et al., 2018; Tyndall et al.,

2012). Desde a sua introdução, o mercado tem crescido exponencialmente com mais de cerca de 85 modelos distintos de CBCT disponíveis. Mais tarde, a empresa *Quantitative Radiology* desenvolveu um outro modelo designado de *NewTom 3G*, cuja dose de radiação é de 12,0 mSv, mas rapidamente outros modelos se afirmaram no mercado. Há, por isso, a referir outros quatro modelos: I-CAT (*Imaging Sciences International*, Hatfield, EUA), *scanner* de raios X panorâmico 3D PSR 9000N (Asahi Roentgen, Kyoto, Japão.), CB *Mercurau* (Hitachi Medico *Technology Corporation*, Kashiwa, Chiba, Japão) e 3D *Accuitomo* (J. Mortia, Kyoto, Japão). A 3D *Accuitomo* foi desenvolvida pela remodelação da “Tomografia Panorâmica Multifuncional” (*Scanora*, *Soredex*, *Helsinki*, Finlândia) e o relatório anual de 2003 deste dispositivo revelou que teve uma elevada utilização na realização de exames para a planificação do tratamento de implantes, sendo que 53% incidiram na avaliação pré e pós-cirúrgica (Aravind et al., 2018; Benavides et al., 2012; Guerrero et al., 2006; Jacobs et al., 2018; Misch, 2008).

Vários estudos têm sido feitos com o intuito de comparar as doses de radiação emitidas pelos dispositivos convencionais e pelos dispositivos de CBCT. Um estudo comparou a radiação emitida pelo panorâmico de raios X 3D PSR 9000N e concluiu que, a dose efetivamente absorvida pelo paciente, é 1/15 menor do que a da TC em espiral. Um outro estudo que comparou ambos os modelos de CBCT, afirma que o primeiro apresenta melhor resolução espacial quando obtidas imagens transversais. Um outro estudo fez uma comparação das doses de radiação emitidas por dois dispositivos de CBCT, I-CAT e *NewTom 3G* (*Quantitative Radiology*), e refere que a dose de radiação para o primeiro foi de 101,5 μ Sv, enquanto para o *NewTom 3G* foi de 56,6 μ Sv, permitindo concluir que, a dose efetiva de radiação de I-CAT, é de cerca de 1,6 a 1,8 vezes maior do que a do *NewTom 3G*. Apesar de existirem poucos estudos neste âmbito e referentes ao dispositivo 3D *Accuitomo*, estima-se que a dose efetiva do seu primeiro protótipo, *Ortho-CT*, é semelhante à dose emitida com a ortopantomografia, ou seja, de aproximadamente 20 μ Sv (Aravind et al., 2018; Guerrero et al., 2006).

Quando é feita uma comparação entre a dose de radiação emitida por uma ortopantomografia, uma TC em espiral e um CBCT, é notória a discrepância de valores. A dose da radiação emitida por uma ortopantomografia, apresenta valores que podem ser comparáveis a 0.5-2 dias de radiação equivalente à radiação natural (tabela 5); a TC emite valores de radiação entre 26-38 dias de radiação natural, enquanto o CBCT, com valores menores do que a TC, mas maiores do que a ortopantomografia, emite uma dose de radiação que é equivalente a 6-12 dias de radiação natural (Guerrero et al., 2006). Contudo,

apesar de serem conhecidos alguns dos valores de radiação emitidas pelas várias técnicas de imagem disponíveis para o planeamento pré-operatório de implantes, mais estudos são necessários para verificar os resultados das doses de radiação para todos os sistemas que se encontram disponíveis, (Guerrero et al., 2006; Jacobs et al., 2018).

Estimativa das doses de radiação para o CBCT e a TC em espiral

<i>Técnica de imagem</i>	Estimativa da radiação natural equivalente (dias)
<i>TC mandibular + maxilar</i>	38
<i>TC mandibular</i>	33
<i>TC maxilar</i>	26
<i>CBCT</i>	6-12
<i>Ortopantomografia</i>	0.5-2

Tabela 5. Comparação das doses de radiação emitidas pela ortopantomografia, CBCT e TC em espiral, adaptado de Guerrero et al., (2006)

2.5.1. OBTENÇÃO DA IMAGEM

Esta técnica de imagem utiliza uma plataforma rotacional onde um detetor ou intensificador de imagem e a fonte de raios X, em forma de cone, estão fixos (figura 23). A imagem é obtida com o paciente em pé, em vez de estar na posição de decúbito, habitual da TC convencional médica (Monsour & Dudhia, 2008). O tubo de raios X gera um feixe cónico que se dirige ao centro da área em estudo e que pode ser modificado para se obterem volumes de imagens de tamanho variável, ou seja, podem ser imagens que abrangem metade do arco dentário ou a totalidade da cabeça. O feixe de raios X gira em torno do paciente 360°. São captadas imagens da mandíbula e da maxila em 36 segundos, dos quais apenas 5,6 segundos são de dose efetiva de radiação. Embora alguns autores refiram que o tempo de aquisição das imagens é de 36 segundos, outros autores referem que os tempos são variáveis e específicos de determinados modelos, podendo oscilar entre os 10 e os 70 segundos (Monsour & Dudhia, 2008).

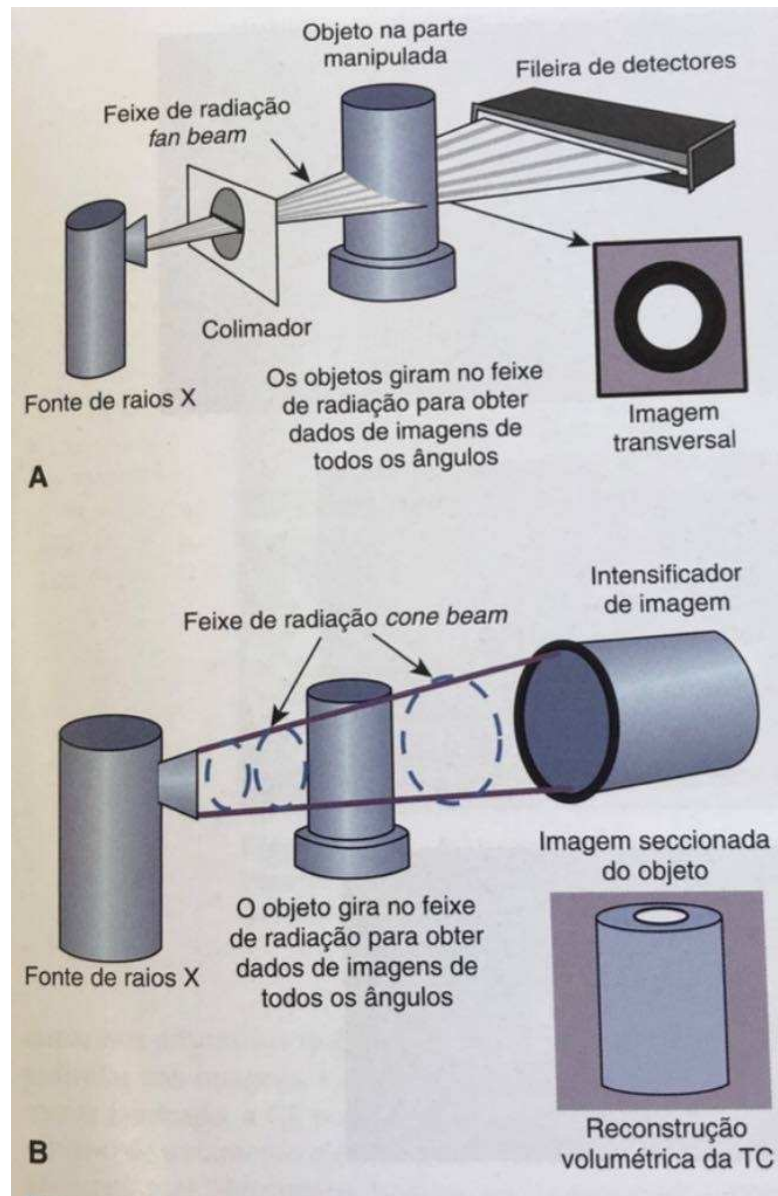


Figura 18- A- *scanning* com TC que apenas obtém um corte fino em cada rotação em torno do paciente. B- *scanning* com CBCT que captura todos os dados numa só rotação, adaptado de Misch, (2008)

Durante a rotação que é efetuada em torno da cabeça do paciente, múltiplas imagens (variando de 150 a mais de 600), com intervalos de corte específico, são obtidas (Lingam et al., 2014; Luke & Cam, 2014). As imagens são, subsequentemente, reconstruídas por um *software* de computador que é fornecido pelo fabricante do aparelho e que permitem que o Médico Dentista reformate os dados obtidos em qualquer plano, isto é, qualquer estrutura obtida numa perspectiva tridimensional pode ser seccionada em cortes bidimensionais (Carraro & Santos, 2014; Chenin L., 2019; Luke & Cam, 2014; Monsour

& Dudhia, 2008; Sharda & Kant, 2012). A grande vantagem do CBCT é que, na maioria dos sistemas, somente é necessária uma única rotação em torno do paciente, pois todo o campo de visão (FOV) é irradiado simultaneamente. Este facto representa a grande diferença entre a TC e o CBCT (Angelopoulos, Aghaloo, & Angeles, 2011; Kumar et al., 2014; Luke & Cam, 2014; Monsour & Dudhia, 2008; Santos, 2014).

A introdução do CBCT, está relacionada com um novo paradigma no diagnóstico maxilofacial conhecido como “*interactive diagnostic imaging*”, cuja base se encontra no conceito de “*multiplanar imaging / reformatting*” (Angelopoulos et al., 2011). Quer isto dizer que, tal como a TC, permite a reconstrução de uma ampla variedade de imagens em qualquer plano (axial, coronal, sagital e tridimensional), por exibição seletiva de dados de um volume de informações adquiridas (Kumar et al., 2014; Monsour & Dudhia, 2008; Nagarajan et al., 2014). Essa propriedade está vinculada diretamente aos fundamentos da aquisição de dados do CBCT, que é de natureza volumétrica, ou seja, o *scanner* CBCT adquire informações de um volume que, por sua vez é composto de numerosos pequenos cubos de volume, que são os *voxels*. As imagens obtidas são gravadas num chip de dispositivo CCD que tem uma matriz de 752 x 582 *pixels* (Angelopoulos et al., 2011; Douglas, 2019; Misch, 2008; Monsour & Dudhia, 2008).

No momento em que é emitida a radiação para obtenção da imagem, marcadores radiográficos radiopacos podem ser colocados, pois auxiliam na identificação da localização precisa dos implantes. Estes marcadores, ou *stents* radiográficos, fornecem pontos de referência radiográficos, que podem ser utilizados para correlacionar a localização proposta e a angulação dos implantes com o osso alveolar disponível (Misch, 2008; Nagarajan et al., 2014).

Outra possibilidade de armazenamento de dados é a sua exportação no formato DICOM (Dados de Imagem Digital e Comunicação em Medicina) que foi introduzido pela ACR-NEMA (Associação Americana de Fabricantes de Equipamentos Elétricos de Radiologia) (Angelopoulos et al., 2011; Misch, 2008; Monsour & Dudhia, 2008; Nagarajan et al., 2014; Tyndall et al., 2012). Após a exportação, são importados num *software*, especificamente desenvolvido para o planeamento de implantes, e são visualizados por outros programas, estando alguns deles disponíveis gratuitamente na internet. Através deste programa, é possível obter múltiplas imagens de cortes transversais e tridimensionais e simular a colocação de implantes nas imagens virtuais, marcar o canal

mandibular e outras estruturas anatómicas relevantes, utilizando as suas funcionalidades numa cirurgia guiada por computador. Quer isto dizer que, o planeamento virtual da cirurgia de implantes permite aos profissionais prever e visualizar o final do tratamento antes deste ter sido iniciado. Por esta razão, frequentemente as imagens de CBCT são chamadas de “*virtual patient*”, conceito que integra informações (conjuntos de dados) obtidas da tecnologia de *scanning* facial, impressões digitais intraorais e imagens de CBCT num sistema de coordenadas virtuais (Chenin L., 2019; Jacobs et al., 2018).

O tempo de aquisição das imagens, depende do FOV selecionado e do tamanho do *voxel* que está intimamente relacionado com a resolução da imagem e que é variável de acordo com os vários modelos de CBCT disponíveis no mercado. A resolução da imagem é tanto maior quanto menor for o tamanho do *voxel*. Neste sentido, quanto mais rápido for o tempo de aquisição da imagem, menor será a resolução, pois maior é o tamanho do *voxel*, mas a exposição à radiação é também menor. A desvantagem da menor emissão de radiação na obtenção da imagem, é a possibilidade de serem visíveis artefactos devido ao movimento do paciente e, ainda, de as imagens terem maior ruído devido à dispersão dos raios X. De forma a aumentar a resolução da imagem, tempos de emissão de radiação mais longos são requeridos, embora a dose de radiação seja mais elevada e o risco de movimento do paciente seja também mais elevado, produzindo também maior número de artefactos (Monsour & Dudhia, 2008). As imagens obtidas têm resolução espacial sub-milimétrica isotrópica (Bagga et al., 2014) com variações de 0,076 a 0,4 mm, pelo que se adequa perfeitamente à região oral e maxilofacial. Apesar de haver algum consenso quanto a estes aspetos, ainda não existem diretrizes claras em relação a quais os parâmetros mais adequados para produzir imagens de qualidade aceitável, e com a menor radiação possível para o paciente (Luke & Cam, 2014).

O FOV descreve o tamanho máximo do objeto em estudo que ocupa a matriz de imagem, sendo que este é dependente de fatores como a forma e tamanho do detetor, a colimação e a projeção geométrica dos feixes de raios X. A colimação do feixe é fundamental para a área de interesse ser a única a ser irradiada, portanto limita a área de interesse e, deste modo, é importante para diminuir a exposição do paciente à radiação. Normalmente, quanto menor o FOV, maior a resolução de imagem e menor dose efetiva de radiação, uma vez que cada *pixel* vai representar uma área menor. O tamanho do FOV deve ser selecionado para cada paciente, com base nas suas necessidades individuais. Este

procedimento permite reduzir a exposição desnecessária do paciente à radiação, e obter imagens com melhor qualidade, pois reduz a dispersão da radiação, fator que degrada a qualidade da imagem (Benavides et al., 2012; White & Pharoah, 2015).

Geralmente, as unidades de CBCT são classificadas com base no tamanho do FOV em: pequenas, médias e grande.

As unidades de CBCT com pequeno FOV são utilizadas para fazer o *scanning* de um quadrante ou de um sextante apenas na mandíbula. Elas permitem uma resolução de imagem mais elevada porque a dispersão dos raios X é reduzida à medida que o FOV diminui.

As unidades de CBCT com volume médio são utilizadas para fazer o *scanning*, tanto da maxila, como da mandíbula.

As unidades de CBCT de grande volume possibilitam a visualização de toda a cabeça do paciente e são estas que normalmente se utilizam para o planeamento de cirurgia ortodônticas e ortognáticas. A principal limitação destas unidades é a diminuição da resolução da imagem quando comparadas com as unidades pequenas ou mesmo com radiografias intraorais. Na área da implantologia, as unidades com pequeno ou médio FOV são suficientes para observar a região de interesse. As unidades de pequeno volume têm ganho cada vez mais popularidade e apresentam as seguintes vantagens face às de maior volume:

1. maior resolução espacial;
2. diminuição da exposição à radiação;
3. menor volume a ser interpretado;
4. máquinas mais económicas (Benavides et al., 2012).

Ainda no que concerne à qualidade da imagem, um outro parâmetro deve ser tido em conta, pois influencia o diagnóstico pré-cirúrgico. Os valores de cinza das imagens, contrariamente à tomografia convencional e TC, não são corretamente medidos porque as unidades de *Hounsfield* não estão corretas, ou seja, há uma distorção destas unidades. Torna-se, por isso, impossível a medição dos valores de cinza entre os vários pacientes,

ou a realização de uma análise comparativa e evolutiva no mesmo paciente durante um determinado período de tempo. Esta falta de padronização das unidades de *Hounsfield* é um dos principais problemas para a maioria dos dispositivos de CBCT. Ora, isto faz com que a avaliação clínica da densidade óssea e o acompanhamento das alterações nessa mesma densidade, estejam dificultados, pelo que estudos demonstram que na avaliação da densidade óssea, a fiabilidade da TC é superior à do CBCT, pois para este último, verificam-se variações significativas que são influenciadas pela existência dos vários dispositivos, parâmetros de imagem e posição. Além dos fatores acima mencionados relativamente à qualidade da imagem, artefactos, principalmente devido ao movimento do paciente e/ou materiais de restauração muito densos, podem diminuir a qualidade da imagem obtida (Jacobs et al., 2018).

2.5.2. IMPORTÂNCIA NO PLANEAMENTO PRÉ-OPERATÓRIO

O CBCT veio trazer uma nova dimensão à implantologia em todos os aspetos do diagnóstico, planeamento do tratamento, preparação e execução cirúrgica, acompanhamento e tratamento das complicações pós-operatórias. Os pacientes podem agora ser tratados com maior precisão e previsibilidade (Angelopoulos et al., 2011).

O CBCT permite a obtenção de imagens tridimensionais, sem distorções, da maxila, mandíbula, dentes e outras estruturas. Ao contrário das radiografias periapicais e ortopantomografias, as imagens obtidas pelo CBCT não apresentam qualquer distorção ou ampliação geométrica, pelo que se tornam úteis para determinar o posicionamento ideal da prótese, a oclusão e obter informações para a colocação de implantes em pacientes edêntulos, o que conduziu à obtenção de resultados mais precisos e estéticos. Para cada local onde são colocados os implantes, tem a capacidade de determinar a altura e largura óssea (quantidade), a qualidade óssea, pois permite a análise da densidade comparativa em três longos eixos do osso alveolar, avalia a espessura da cortical óssea, da densidade e a arquitetura óssea no local seleccionado para a colocação do implante. Para além disso, determina os limites maxilares e tem, ainda, a capacidade de identificar e localizar zonas anatómicas importantes, como o canal incisivo, o nervo alveolar inferior e o seu trajeto, o buraco mentoniano e cavidades inerentes e ainda as cavidades sinusais e eventuais patologias que o paciente possa ter. Estudos publicados relataram melhorias na eficácia clínica quando os Médicos Dentistas possuem imagens transversais, sobretudo

quando essas imagens são obtidas pelo CBCT em comparação com técnicas radiográficas padrão para a avaliação de locais a colocar o implante, bem como para obter o seu correto posicionamento (Benavides et al., 2012; Dattatreya et al., 2016; Deeb et al., 2017; Kumar et al., 2014; Lingam et al., 2014; Madhav, 2011; Pandey et al., 2016; Sharma et al., 2018; Thakkar & Rai, 2017).

Como permite a obtenção de múltiplas imagens da região de interesse, numa única rotação em torno do paciente (Dattatreya et al., 2016; Kumar et al., 2014; Lingam et al., 2014; Monsour & Dudhia, 2008; Nagarajan et al., 2014; Surapaneni et al., 2013; Thakkar & Rai, 2017), possibilita a transferência de informações de planeamento radiográfico e comunicação radiográfica importantes para realizar uma cirurgia minimamente invasiva, diminuindo o tempo da mesma, o pós-operatório, dor, edema e permitindo uma recuperação mais rápida (Nagarajan et al., 2014; Thakkar & Rai, 2017). Assim, o CBCT auxilia no diagnóstico e fornece informações para a realização de um plano cirúrgico controlado, quando as radiografias convencionais não são suficientes. Ainda que tenha elevada utilidade no pré-operatório, é muitas vezes utilizado para fazer uma avaliação pós-cirúrgica da posição do implante no alvéolo (Kumar et al., 2014).

Contudo, a Associação Europeia de Osteointegração (EAO) forneceu diretrizes que afirmam que a imagem transversal, como a que é obtida pelo CBCT, é benéfica na avaliação pré-operatória e no planeamento do tratamento de implantes, mas que não deve ser um protocolo regular pós-operatório, a menos que seja efetivamente necessário (Luke & Cam, 2014).

Como benefícios e aplicações gerais do CBCT podem salientar-se:

1. Indicações para a Região Maxilofacial;
2. Avaliação da mandíbula para determinar a viabilidade da colocação de implantes em locais específicos, tomando todas as precauções possíveis para reduzir o risco de envolvimento dos nervos existentes na mandíbula, e dos seios da face e do nariz;
3. Avaliação do estado dos implantes previamente colocados;
4. Avaliação do tecido duro (osso) da articulação Temporo-Mandibular (ATM);
5. Avaliação de patologia óssea;
6. Avaliação da extensão da reabsorção do rebordo alveolar;

7. Avaliação de estruturas relevantes antes do tratamento ortodôntico, como a presença e posição dos caninos e de terceiros molares impactados;
8. Cefalometria;
9. Avaliação do espaço aéreo (situações de apneia do sono);
10. Para permitir reconstruções tridimensionais dos ossos ou para que seja fabricado um biomodelo da face e mandíbula;
11. Avaliação do nervo mandibular antes da remoção de dentes inclusos, especialmente dos terceiros molares inferiores (Madhav, 2011).

Quanto ao planejamento para a colocação de implantes, 5 são os principais benefícios do CBCT:

1. Colocação precisa de implantes no osso: o CBCT, juntamente com o software 3D, possibilita a medição e localização precisa do osso disponível;
2. Correta orientação do implante com a respectiva restauração protética sobreposta: faz-se o CBCT do paciente, obtém-se uma imagem da dentição do mesmo (impressão digital) para criar um modelo virtual completo dos dentes, osso e tecidos moles. Posteriormente, o Médico dentista Desenha a mordida ideal e a posição precisa dos implantes para suportarem as restaurações;
3. Prevenção da lesão do nervo: através do CBCT, o Médico Dentista consegue detectar o trajeto dos nervos sensoriais no maxilar e mandíbula e, de acordo com isso, selecionar o comprimento do implante a colocar;
4. Evitar que o implante penetre o seio maxilar: através do CBCT é possível obter imagens precisas do seio maxilar e da sua posição relativamente ao osso disponível. Assim, pode-se fazer uma medição precisa e selecionar o comprimento do implante de forma a evitar a perfuração do seio maxilar;
5. Selecionar implantes com tamanho adequado para dar um correto suporte: o CBCT permite quantificar o osso disponível e selecionar o implante mais apropriado para o local selecionado com base em requisitos biológicos, forma de mordida, medições precisas e necessidades individuais de cada paciente. Antes da colocação do implante e durante o planejamento do tratamento, o Médico Dentista deve ter a capacidade de medir a altura e largura do processo alveolar, para

garantir que existe osso suficiente para o tamanho de implante selecionado; (Sharma et al., 2018);

Como indicações principais no CBCT para o planejamento pré-operatório de implantes podem referir-se:

1. Avaliar a quantidade e qualidade do osso nas áreas edêntulas;
2. Avaliar a relação dos implantes com as áreas adjacentes;
3. Auxílio na colocação de implantes na área desejada (Luke & Cam, 2014)

“As técnicas de imagem transversal como o CBCT, podem ser uma ferramenta inestimável durante o planejamento pré-operatório, prevenindo procedimentos complicados em implantes endósseos” (Madhav, 2011)

A principal limitação das imagens bidimensionais, é a ausência de imagens no sentido transversal o que faz com que as imagens da arcada dentária sejam visivelmente achataadas, não haja possibilidade de determinar aspetos como a largura óssea ou contornos linguais. O tamanho da imagem na radiografia não tem uma relação exata de 1:1 com a do tamanho real e não possibilita a utilização de *softwares* virtuais de planejamento de implantes usados para o fabrico de guias cirúrgicos. Para além disso, quando comparadas com as imagens obtidas pelo CBCT, as imagens bidimensionais não conseguem mostrar dimensão de profundidade na imagem e não apresentam a mesma precisão, desvantagens que as caracterizam em relação ao CBCT. Os benefícios das imagens 3D, sobretudo do CBCT, que permite a aquisição de imagens sem distorção, com uma relação de 1:1 no que concerne ao tamanho da imagem para a estrutura anatómica real, e, ainda, nas 3 dimensões, incluindo a dimensão transversal, vieram tornar mais preciso o planejamento para colocação de implantes (Chenin L., 2019).

Contudo, apesar destes avanços, não elimina as técnicas radiográficas bidimensionais que continuam a ter uma ampla utilização neste processo, apesar de ser difícil encontrar profissionais que utilizem as radiografias periapicais ou ortopantomografias como único exame de diagnóstico pré-operatório (Santos, 2014). O CBCT para além de ser utilizado no planejamento de implantes, é também útil para realizar planejamentos quando se

pretende fazer a elevação dos seios da face, aumento da crista e extrações dentárias (Pandey et al., 2016).

Ao analisar um CBCT para a planificação cirúrgica de implantes, é fundamental analisar, não só a anatomia macroscópica, como os pequenos detalhes. Esses detalhes são normalmente obtidos em secções transversais 2D e os que se encontram em torno do sítio de potencial colocação, chamados de condições de contorno, são os que têm maior importância e que devem ser analisados com maior precisão. As condições de contorno são definidas como as restrições anatómicas da localização proposta de um implante, que irão influenciar a colocação do mesmo. Estas condições variam consoante se pretende colocar o implante na maxila ou na mandíbula, embora algumas sejam comuns a ambos. As condições de contorno que se aplicam somente à maxila são a localização e o tamanho do canal nasopalatino, quando se pretende colocar o implante próximo da linha média; a localização e o pavimento do seio maxilar, para qualquer implante colocado na maxila já que existem inúmeras variações anatómicas e o seio maxilar pode ter uma extensão mais anterior do que é comum. Na mandíbula, quando se pretendem colocar implantes junto da linha média, é necessário ter especial atenção a um canal vascular lingual médio que pode existir e se for atingido pode originar complicações hemorrágicas graves (Chenin L., 2019).

As condições de contorno comuns a ambos os maxilares, são a largura facial-lingual no osso alveolar e na crista alveolar, fator que determina se o diâmetro específico do implante será adequado e se será necessária a realização de enxerto ósseo. A altura óssea vertical é também uma condição a ter em conta, já que este fator limita o comprimento do implante a colocar, dentro dos limites de segurança, sem invadir estruturas como o canal mandibular (Chenin L., 2019).

Apesar das vantagens apresentadas pelo CBCT no planeamento do tratamento com implantes, há ainda poucas evidências sobre a sua utilidade diagnóstica quando comparado com outros métodos radiográficos. Este facto deve ser tido em conta aquando da seleção do meio radiográfico mais adequado ao tratamento de cada paciente individualmente (Pedroso, Garcia, Leles, Leles, & Silva, 2013).

Para além das vantagens e desvantagens já referidas, outras limitações há a assinalar como a baixa gama de contrastes, FOV restrito, o volume radiografado reduzido devido ao tamanho diminuído do sensor/detector e o facto de fornecer poucas informações sobre a estrutura interna dos tecidos moles, como músculos e glândulas salivares (Nagarajan et al., 2014; Thakkar & Rai, 2017) A presença de artefactos em forma de estrias, sombras,

anéis e alguma distorção aplica-se às imagens obtidas pelo CBCT (Aravind et al., 2018; Dattatreya et al., 2016; Kumar et al., 2014; Monsour & Dudhia, 2008; Pandey et al., 2016).

À semelhança da TC, o CBCT é suscetível à presença de restaurações metálicas, como coroas metálicas ou materiais de titânio, e a estruturas anatómicas de alta densidade, como o esmalte, podendo ser a causa desses artefactos em estrias ou riscas, o que reduz, de certa forma, o seu valor diagnóstico para utilização no planeamento de implantes (Aravind et al., 2018; Kumar et al., 2014; Nagarajan et al., 2014; Pandey et al., 2016). Outra desvantagem a considerar é o ruído da imagem, que reduz a precisão da mesma, e que é bastante superior, quando comparado com a TC (Aravind et al., 2018). Isto ocorre devido à radiação dispersa, mas como não existem fórmulas para corrigir essa dispersão, o contraste dos tecidos moles nas imagens de CBCT é inferior ao das imagens de TC e as imagens de CBCT não são apropriadas para detetar pequenas alterações de densidade. Na TC convencional, a aquisição de imagem é mais rápida, logo a probabilidade de visualização de artefactos, devido ao movimento do paciente, é muito mais reduzida, tornando a definição de imagem maior (Tyndall et al., 2012; Waqar Hussain et al., 2017).

2.5.3- COMPARAÇÃO COM A ORTOPANTOMOGRAFIA

Como já referido, as imagens obtidas pelas ortopantomografias têm características de ampliação e distorção (Ozalp et al., 2018; Waqar Hussain et al., 2017). A ampliação, por si só, não é um problema, desde que o fator de ampliação seja conhecido ou possa ser calculado. Por outro lado, a distorção dificulta e torna imprecisas as medições realizadas. As imagens obtidas não podem ser observadas nas três dimensões, apenas nos dão uma perspetiva no sentido méso-distal e ântero-posterior, para além de que todas as estruturas que se encontram entre o tubo de raios X e o detetor vão aparecer sobrepostas umas às outras. Com o CBCT, para além de ser possível separar as imagens e obter, por exemplo, imagens distintas do côndilo mandibular direito e do côndilo mandibular esquerdo, as estruturas não apresentam distorções e a presença de artefactos é significativamente menor no CBCT do que na ortopantomografia (Madhav, 2011). A qualidade da imagem do CBCT é superior à da ortopantomografia; a primeira apresenta como desvantagem o facto

de não estar disponível em muitas clínicas e hospitais devido ao alto custo e às exigências técnicas (Ozalp et al., 2018).

Ambos os métodos têm a capacidade de determinar com precisão o tamanho correto do implante a colocar, e em alguns casos, imagens 2D fornecem dados suficientes para diagnóstico, planejamento do tratamento e cirurgia. Noutros casos, são necessárias imagens tridimensionais. Um estudo demonstrou que a precisão que existe na previsão do tamanho do implante é ligeiramente superior quando utilizado o CBCT. Ora, as conclusões daqui retiradas, são consistentes com estudos anteriores que afirmam que as radiografias em 2D, nomeadamente a ortopantomografia, são comparáveis às imagens 3D para prever o tamanho do implante a colocar (Deeb et al., 2017; Ozalp et al., 2018). Contudo, vários estudos mostraram que a capacidade de diagnóstico pré-operatório, extremamente restrita das imagens 2D para planejamento da cirurgia de implante, pode causar falha do implante, ao contrário das imagens de CBCT que mostram níveis ósseos alveolares interproximais na direção facial-vestibular o que é um critério essencial para o acompanhamento do osso peri-implantar e para o sucesso da osteointegração, prevenindo a falha (Ozalp et al., 2018).

Este estudo, que comparou a utilização da ortopantomografia com o CBCT para a realização de um plano de tratamento onde não havia a necessidade de cirurgia guiada e enxertos ósseos e onde o risco de lesar estruturas vitais não se colocava, a ortopantomografia revelou-se um método eficaz e suficiente. Já em casos onde a necessidade de planejar a realização de enxertos ósseos se coloca, onde se utiliza uma guia cirúrgica e onde a probabilidade de lesar as estruturas vitais é elevada, a ortopantomografia é insuficiente, sobretudo devido à sua incapacidade de avaliar com precisão a largura do rebordo alveolar. Nestas situações, o planejamento é mais preciso com o CBCT que deve ser utilizado somente quando não é possível utilizar outros métodos convencionais, já que as doses de radiação cumulativas, por utilização repetida, podem levar a um aumento de neoplasias da cabeça e do pescoço (Benavides et al., 2012; Deeb et al., 2017)

O risco é dependente da idade, sendo maior para indivíduos mais jovens, sobretudo para as crianças, e menor para os adultos e idosos. Independentemente da idade, os riscos são mais acrescidos para as mulheres do que para os homens. Os efeitos da exposição repetida à radiação ionizante no consultório dentário são ainda desconhecidos, no entanto a Comissão Internacional de Proteção Radiológica, uma organização que fornece

recomendações sobre o uso de radiação ionizante para minimizar o risco de efeitos biológicos nocivos, tem-se apercebido da existência de um potencial risco para os profissionais que estão expostos a uma excessiva dose de radiação, e recomenda a sua minimização por exemplo, pela alteração do campo de visão (Benavides et al., 2012).

2.5.4 COMPARAÇÃO COM A TOMOGRAFIA COMPUTORIZADA

A TC, contrariamente à ortopantomografia, já fornece imagens tridimensionais e, portanto, a obtenção de uma perspectiva transversal das estruturas torna-se possível. Por outro lado, quando comparada ao CBCT, apresenta como desvantagem, o tempo necessário para obtenção das imagens, o que pode dificultar a obtenção das mesmas, já que é difícil executar em pacientes que não podem estar em pé durante muito tempo. O CBCT pode ser executado num período entre 10-40 segundos, sendo esse tempo dependente da região a radiografar e da qualidade da imagem que é desejada. Para além disso, a qualidade óssea é mais precisa com o CBCT do que com a TC, a resolução de imagem é melhor, ou seja, apresenta menos *pixels*, é mais fácil de operar e manter, a sala não necessita de ser arrefecida e pouca formação técnica é necessária. As máquinas apresentam um *design* aberto, o que é uma vantagem para pacientes claustrofóbicos, já que aumenta o conforto e a aceitação por parte destes. O facto de o exame ser realizado na posição vertical é também considerado por muitos autores uma vantagem, já que dá uma imagem mais realista das posições condilares da ATM. Ainda a referir, é o facto de ambos os maxilares poderem ser visualizados simultaneamente (dependendo do cone da máquina). Uma das principais limitações superadas pelo CBCT, é a dose de radiação que é consideravelmente baixa, quando comparada com a radiação emitida pela TC, já que é emitida num único feixe cónico; no entanto, as imagens apresentam mais ruído e são menos claras do que aquelas que obtidas pela TC (Athota et al., 2017; Madhav, 2011; .

Para uso em implantologia, uma grande vantagem do CBCT, em comparação com a TC é que o primeiro geralmente é muito mais barato. Para além disso, outra vantagem é que o *software* de CBCT para uso no planeamento de implantes é, geralmente, muito mais fácil de usar e muito mais útil do que o *software* disponível para a TC, permitindo que as imagens sejam seccionadas e visíveis em todos os três planos (Athota et al., 2017; Tyndall et al., 2012; Waqar Hussain et al., 2017).

	TC	CBCT
<i>Tecnologia</i>	*Os scanners utilizam um ventilador. *A radiação transmitida assume a forma de uma hélice ou espiral.	*É usado um feixe cônico, que abrange um grande volume numa única rotação em torno do paciente.
<i>Design das máquinas</i>	*É usada uma máquina com um grande pórtico; *O paciente está deitado e há tendência para os tecidos moles colapsarem;	*O paciente está em pé, o que permite maior precisão das imagens;
<i>Tamanho das máquinas</i>	*O tamanho (grande, porque o pórtico gira a uma velocidade elevada) impede a sua instalação numa sala e o seu uso numa cirurgia;	*É aproximadamente do mesmo tamanho do que uma máquina de ortopantomografia, o que a torna compacta e mais fácil de instalar;
<i>Exposição à radiação</i>	*A exposição à radiação é aproximadamente 100-300 μSv para a maxila e 200-500 μSv para a mandíbula;	*A exposição à radiação para ambos os maxilares é 34-102 μSv ;
<i>Posicionamento do paciente</i>	*A cabeça do paciente tem de ser inclinada manualmente para obter imagens adequadas às necessidades do dentista (por ex., paralelamente ao plano oclusal, ao palato duro ou à margem inferior da mandíbula).	*O posicionamento é o mesmo para todos os pacientes. *A mandíbula é posicionada na base para queixo e a testa estabilizada usando tiras de velcro, se necessário.
<i>Artefactos</i>	*Artefactos provenientes de restaurações metálicas são mais severos; *É mais imperativo examinar o paciente paralelamente ao plano oclusal para eliminar artefactos;	*Artefactos que surgem de restaurações metálicas são menos graves; *A necessidade de fazer um <i>scanning</i> paralelo ao plano oclusal para eliminar artefactos é menos necessário;
<i>Seleção do protocolo (ex: espessura dos cortes)</i>	*As configurações do <i>scanner</i> podem não estar corretas e informações insuficientes podem ser obtidas após a digitalização, o que faz com que o paciente seja exposto a nova radiação para eliminar os artefactos;	*As opções no CBCT permitem a seleção da mandíbula, da maxila ou de ambas, sem a necessidade de selecionar a espessura ou quantidade de cortes necessários, diminuindo a probabilidade de reexposição do paciente;

Tabela 6- Diferenças entre a TC convencional e o CBCT, adaptado de Madhav, (2011)

2.6- RESSONÂNCIA MAGNÉTICA

A Ressonância Magnética é uma técnica de imagem não invasiva, desenvolvida na imagiologia médica e é usada para visualizar os protões do corpo utilizando campos magnéticos, radiofrequências, detetores eletromagnéticos e computadores (Soni et al., 2016; White & Pharoah, 2015). É baseada no fenómeno da ressonância magnética nuclear (Gray, Redpath, Smith, & Staff, 2003; Jayadevappa et al., 2010; Sharma et al., 2018; Thakkar & Rai, 2017). Foi descrita por Lauterbur em 1972, sendo que as primeiras imagens médicas, úteis, foram produzidas no início de 1980 (Misch E., 2006). A RM tem sido utilizada para investigação de articulações temporomandibulares, pois permite verificar o posicionamento e integridade do menisco, estudos do nervo facial e patologia tumoral (Gray et al., 2003).

Tal como a TC, é uma técnica tridimensional e quantitativamente precisa, com cortes tomográficos exatos e sem nenhuma distorção (Bagga et al., 2014b; Misch, 2008; Misch E., 2006). Tem um processo de aquisição de imagens que é eletrónico, resultando em imagens digitais que, como a TC, são caracterizadas pelos *voxels*, com resolução de 512 x 512 e uma espessura de corte de cerca de 2 a 3 mm. Permite a obtenção de imagens diretas, sagitais, oblíquas e coronais, o que não é possível com as radiografias convencionais e a TC (Soni et al., 2016).

Para a realização de um exame de RM, o paciente é colocado no interior de uma estrutura, em forma de cilindro, com um íman ou campo magnético. O *scanner* dirige um pulso de radiofrequência para o paciente, criando um núcleo de hidrogénio para absorver energia. Quando se desliga este pulso de radiofrequência, a energia que foi armazenada nos núcleos, no corpo do paciente, é libertada e detetada como um sinal numa bobina existente no *scanner*. Este sinal gerado é, então, utilizado para construir a imagem (White & Pharoah, 2015).

Imagens em corte transversal, adequadas para o planeamento do tratamento de implantes, podem ser obtidas com este meio imagiológico, contudo é utilizada como técnica de imagem secundária quando as técnicas primárias, como a Tomografia Complexa, TCI ou TC (Aravind et al., 2018; Bagga et al., 2014b; Jayadevappa et al., 2010; Lingam et al., 2014; Thakkar & Rai, 2017; Waqar Hussain et al., 2017), não fornecem informações suficientes acerca da largura e altura para determinar o local de colocação do implante (Lingam et al., 2014). Embora se verifique essa situação, estudos demonstram que a precisão geométrica da RM é comparável à da TC (Waqar Hussain et al., 2017).

Apresenta como grande vantagem a não utilização de radiação ionizante, minimizando o risco para o paciente e tornando-a uma técnica com elevado potencial para obtenção de imagens no pré-operatório (Bagga et al., 2014b; Gray et al., 2003; Jayadevappa et al., 2010; Kumar et al., 2014; Monsour & Dudhia, 2008; Sharma et al., 2018; Tyndall et al., 2012). A quantidade de radiação emitida por esta técnica é menor quando comparada com a TC (Pandey et al., 2016). Apesar desta vantagem, o elevado custo, a dificuldade de disponibilidade, a falta de familiarização do técnico, os tempos de aquisição de imagem que podem atingir os 30 minutos e a informação óssea disponível limitada, tornam-se desvantagens da técnica que também não pode ser utilizada em pacientes com claustrofobia (o exame realizado dentro de um cilindro de pequenas dimensões), *by-pass* cardíaco (BouSerhal et al., 2002; Gray et al., 2003) implantes cocleares e grávidas no primeiro trimestre da gravidez (como forma de prevenção, já que nenhum perigo significativo foi provado (Monsour & Dudhia, 2008).

Para uso em implantologia apresenta como limitações a falta de capacidade de caracterização da mineralização óssea e de identificação de patologias ósseas ou dentárias no local do implante (Jayadevappa et al., 2010; Lingam et al., 2014; Nagarajan et al., 2014; Pandey et al., 2016; Waqar Hussain et al., 2017). Nenhum *software* especial está disponível para uso específico neste âmbito e a sua aplicação em implantologia encontra-se em fase experimental (BouSerhal et al., 2002; Gray et al., 2003; Jayadevappa et al., 2010; Nagarajan et al., 2014) e destina-se, maioritariamente, a interesses de pesquisa e educacionais (Tyndall et al., 2012).

Para além das limitações já referidas, há ainda a salientar a presença de metais ferromagnéticos que pode levar a que haja uma distorção do campo magnético, comprometendo assim as imagens. É contraindicado a utilização deste meio diagnóstico em pacientes com implantes que sejam compostos por metais ferromagnéticos devido ao risco associado de movimento ou deslocamento dos mesmos. As ligas ferromagnéticas não preciosas (cromo-cobalto) produzem grandes deformações nas imagens, enquanto as ligas preciosas (ouro, prata, titânio e amálgama), que são principalmente não ferromagnéticas, não têm esse efeito. No entanto, as imagens obtidas pela RM não são afetadas pelos implantes do sistema *Branemark* (Aravind et al., 2018; Nagarajan et al., 2014; Pandey et al., 2016). Os implantes de *Branemark* são implantes de titânio concebidos para serem colocados em duas fases cirúrgicas e que provaram, ao longo dos anos, ser um tratamento bastante previsível e com uma elevada taxa de sucesso (Duarte, Ramos, & Mendes,

2002). Tal como nas imagens de tomografia, também nas imagens de RM se verifica a presença de artefactos. Dois tipos de artefactos são identificados: artefactos provocados pelo movimento do paciente; e os artefactos de máquina ou como frequentemente são designados, “*machine artefacts*”. Os artefactos causados pelo movimento do paciente, ocorrem devido ao movimento do mesmo durante a obtenção da imagem, mas com informação, instruções adequadas ao doente e um correto posicionamento no interior do cilindro, raramente se tornam um problema. Os “*machine artefacts*” são artefactos que surgem devido a deficiências de *design* do *hardware* do *scanner* de RM. Por exemplo, as limitações no desenho do íman que causam uma falta de homogeneidade inerente no principal campo magnético estático, e as limitações no desenho da bobina do gradiente de campo magnético que dão origem a pequenas variações na intensidade do gradiente através do paciente. Ambos causam distorção geométrica das imagens produzidas. Estes “*machine artefacts*” são em maior quantidade com o aumento da distância do centro do campo na geração de imagens pré-implante, já que a região de interesse se localiza proximamente ao centro do campo (Gray et al., 2003).

A RM é útil na visualização de estruturas vitais, como nervos, vasos, e o pavimento e mucosa do seio maxilar (Kumar et al., 2014). É também útil na determinação do canal alveolar inferior quando comparado com a Tomografia Convencional, TC e TCI. Estudos demonstram que a Tomografia Complexa não diferencia o canal alveolar inferior em 60% dos casos de implantes e a TC não diferencia o canal em cerca de 2% dos casos (Lingam et al., 2014). Estas falhas podem dever-se à presença de osso trabecular osteoporótico ou à insuficiência de cortical óssea no canal (Bagga et al., 2014b; Lingam et al., 2014). A RM tem ainda a capacidade de visualizar a gordura presente no osso trabecular e diferenciar o canal alveolar inferior e o feixe neurovascular do osso trabecular adjacente, bem como de visualizar o buraco nasopalatino (Gray et al., 2003; Jayadevappa et al., 2010; Lingam et al., 2014; Nagarajan et al., 2014; Thakkar & Rai, 2017; Waqar Hussain et al., 2017).

Alguns protocolos específicos de RM com volume e imagens transversais orientadas à mandíbula, fornecem imagens ortogonais contíguas quantitativas do local proposto para o implante. Quando utilizada como meio diagnóstico para obtenção de imagens da região posterior da mandíbula, é dimensionalmente quantitativa e permite fazer a diferenciação espacial entre as estruturas críticas e o local do implante (Lingam et al., 2014; Misch E., 2006).

2.7- RECOMENDAÇÃO DA *AMERICAN ACADEMY OF ORAL AND MAXILOFACIAL RADIOLOGY* (AAOMR) PARA USAR MEIOS RADIOLÓGICOS EM IMPLANTOLOGIA

É importante ter em conta que os princípios básicos da radiologia se podem aplicar na avaliação que é feita para obtenção de imagens em implantologia. As imagens devem ter qualidade diagnóstica adequada, e não conter artefactos que possam comprometer a avaliação das estruturas anatómicas. Devem, também, estender-se para além da área de interesse, de forma a incluir áreas que possam ser afetadas pela colocação do implante. Não só os técnicos de imagem, como os próprios Médicos Dentistas devem ter formação apropriada para que possam utilizar os equipamentos radiográficos e para que façam uma correta interpretação das imagens por eles obtidas. Esta formação deve ser feita e mantida através de cursos contínuos e de uma revisão da anatomia maxilofacial. Desta forma, torna-se necessário um critério para a seleção do meio radiográfico mais adequado para complementar os objetivos de cada estágio da terapia com implantes (Tyndall et al., 2012).

Assim, é de elevada importância 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. A AAOMR estabeleceu, em 2012, várias recomendações para a seleção do meio mais adequado (Tyndall et al., 2012):

1. Exame inicial:
 - a. Recomendação 1: na avaliação inicial de um potencial candidato à colocação de implantes, a ortopantomografia deve ser utilizada como técnica de imagem de primeira escolha;
 - b. Recomendação 2: a utilização de radiografias periapicais deve complementar as informações obtidas pela ortopantomografia;
 - c. Recomendação 3: não se devem utilizar os meios radiográficos de corte transversal como exame de eleição para fazer a avaliação inicial do paciente, nomeadamente o CBCT

2. **Imagiologia específica do local pré-operatório:**

- a. **Recomendação 4:** o exame radiográfico realizado em qualquer potencial local de colocação do implante deve incluir imagens ortogonais com corte transversal;
- b. **Recomendação 5:** o CBCT deve ser considerado como a técnica de imagem de eleição para obtenção de imagens transversais pré-operatórias de potenciais locais de colocação de implantes;
- c. **Recomendação 6:** o CBCT deve ser utilizado quando existe a necessidade de procedimentos cirúrgicos, como o aumento do seio maxilar, enxerto ósseo em bloco ou particulado e enxerto do ramo ou da sínfise da mandíbula, para avaliação dos dentes inclusos na área de interesse e para avaliação prévia de lesões traumáticas;
- d. **Recomendação 7:** em situações de reconstrução e aumento ósseo (por exemplo, preservação da crista ou enxerto ósseo) para tratar deficiências de volume ósseo antes da colocação do implante, o CBCT deve ser o meio radiográfico utilizado (Tyndall et al., 2012).

2.8 COMPARAÇÃO ENTRE OS DIVERSOS MEIOS RADIOGRÁFICOS E A SUA APLICAÇÃO EM IMPLANTOLOGIA

<i>Modalidade de imagem</i>	<i>de Aplicação</i>	<i>Informação transversal</i>	<i>Vantagens</i>	<i>Desvantagens</i>
<i>Radiografia peri-apical</i>	Implantes unitários e múltiplos, aumento do rebordo e rebordo edêntulo	Não	Disponível facilmente Elevada resolução Economicamente viável Menor distorção Baixa dose de radiação	Área de imagem limitada Não regista a dimensão vestibulo-lingual Reprodutibilidade limitada Distorção de imagem
<i>Radiografia oclusal</i>	Implantes unitários e múltiplos, aumento do rebordo	Não	Disponível facilmente Elevada definição de imagem Área de imagem relativamente grande Baixo custo Baixa dose de radiação	Sobreposição de imagens Não dá muita informação sobre a dimensão vestibulo-lingual Menor uso na maxila Reprodutibilidade limitada
<i>Ortopantomografia</i>	Implantes unitários e múltiplos, aumento do rebordo e rebordo edêntulo	Não	Disponível facilmente	Não dá dimensão vestibulo-lingual

			Área de imagem grande	Há distorção da imagem
			Baixo custo	Erros técnicos são comuns
			Baixa dose de radiação	Ampliação horizontal
<i>Tomografia Con-</i> <i>vencional</i>	Implantes unitários e múltiplos, aumento do rebordo e rebordo edêntulo	Sim	Mínima sobreposição de imagem	Técnica sensível
			Dose de radiação baixa a moderada	Disponibilidade limitada
			Dá informações vestibulo-linguais	Menor resolução de imagem do que radiografias simples
			Simula a colocação de implantes com o uso de software	Requer profissionais especializados
			Custo moderado	
			Medições precisas	
<i>Tomografia Com-</i> <i>putorizada</i>	Implantes unitários e múltiplos, aumento do rebordo e rebordo edêntulo	Sim	Não tem sobreposição	Técnica sensível
			Ampliação uniforme	Disponibilidade limitada
			Medições precisas	Requer profissionais especializados
			Simula a colocação de implantes com o uso de <i>software</i>	Elevado custo
			Torna a interpretação mais confiável e minimiza os erros de interpretação entre operadores	Elevada dose de radiação

<i>Tomografia feixe cónico</i>	de Implantes unitários e múltiplos, aumento do rebordo e rebordo edêntulo	Sim	<p>Melhor resolução de imagem</p> <p>Dose de radiação menor do que TC</p> <p>Menor custo do que TC</p> <p>Simula a colocação de implantes com o uso de <i>software</i></p> <p>Disponível facilmente</p> <p>Equipamento compacto</p> <p>Imagens com melhor resolução</p> <p>Mínima distorção e ampliação</p> <p>Torna a interpretação mais confiável e minimiza os erros de interpretação entre operadores</p>	<p>Não representa o valor real da escala de cinzas</p> <p>A densidade óssea não pode ser avaliada devido à dispersão de raios X</p> <p>Maior tempo de digitalização</p>
<i>DentaScan</i>	Implantes unitários e múltiplos, aumento do rebordo e rebordo edêntulo	Sim	<p>Obtenção da altura e largura óssea</p> <p>Identificação de patologia de tecidos moles e duros</p> <p>Localização de estruturas anatómicas</p> <p>Mede as dimensões qualitativas vitais necessárias para a colocação do implante</p>	<p>Elevada exposição à radiação</p> <p>Elevado custo</p>

--	--	--	--

Tabela 7. Comparação entre os vários meios radiológicos e sua utilidade em Implantologia, adaptado de Dattatreya et al., (2016)

III- CONCLUSÃO

Nas últimas décadas, a implantologia tem evoluído a larga escala e deixou de ser de uso exclusivo em pacientes desdentados e em universidades ou centros especializados. Com a evolução dos materiais, design e técnicas cirúrgicas, passou a abranger também pacientes parcialmente desdentados.

O sucesso de qualquer tratamento dentário, depende de um correto diagnóstico e plano de tratamento, pelo que para além de um minucioso exame clínico, meios radiográficos são requeridos e assumem-se como ferramentas fundamentais.

Hoje em dia existem vários meios radiográficos disponíveis, por isso, o planejamento pré-operatório da cirurgia de implantes torna-se mais previsível, possibilitando um maior sucesso da colocação do mesmo.

Segundo a bibliografia analisada, alguns princípios devem ser respeitados:

- A escolha do tipo de modalidade de imagem deve ser feita com base em alguns requisitos como o tipo e número de implantes, a localização dos implantes e a anatomia circundante. Estes requisitos devem ser adaptados individualmente a cada caso e analisados de acordo com o paciente em questão;
- Fatores como o custo e a dose de radiação não devem ser excluídos, já que podem limitar a seleção da técnica a utilizar;
- Uma correta análise da forma e qualidade e quantidade ósseas devem ser feitas, bem como da relação do potencial local de colocação do implante com as estruturas anatómicas nobres a fim de realizar um correto planejamento.

Com a realização desta monografia é possível concluir que nenhum meio radiográfico possui todas as vantagens desejadas para a execução de um correto diagnóstico e planejamento pré-operatório, pelo que muitas vezes existe a necessidade de fazer uma associação dos vários benefícios proporcionados por cada um deles. Cabe ao Médico Dentista ter a formação e experiência adequadas para selecionar, de entre os vários meios, aquele que possibilita a obtenção de um maior número de informações. Este profissional deve, por isso, ter conhecimento acerca das indicações, limitações e aplicações de cada técnica.

Foi, ainda, possível concluir que as técnicas radiográficas convencionais até ao final dos anos 80 eram consideradas técnicas padrão; contudo com o desenvolvimento de

tecnologia, há métodos que possibilitam a obtenção de imagens transversais, como as técnicas tridimensionais, que ganharam elevada popularidade na avaliação pré-operatória;

- As radiografias bidimensionais:
 - Têm uma boa relação custo-benefício e menor exposição à radiação;
 - Estão prontamente disponíveis a ser utilizadas; contudo, questões como a sobreposição, a ampliação e a distorção de estruturas tornam-se desvantagens, não permitindo a obtenção de uma perspectiva tridimensional da anatomia do paciente numa só imagem;
 - Em casos mais simples, podem ser suficientes, mas em casos mais complexos, uma avaliação radiográfica mais pormenorizada e extensa, que contemple uma perspectiva transversal, revela-se necessária, especialmente em casos de implantes múltiplos e reconstruções complexas;
 - Numa fase inicial, a radiografia periapical, a ortopantomografia e a radiografia cefalométrica podem ser utilizadas para tomar uma decisão no que concerne à colocação ou não do implante. De forma individual ou quando utilizadas em conjunto, estas radiografias possibilitam a obtenção de uma visão geral do estado da cavidade oral do paciente e fornecem informações acerca das estruturas anatómicas e da relação entre o maxilar e a mandíbula;
 - Numa fase mais avançada, após a tomada da decisão da colocação do implante, o local ou locais devem ser selecionados e avaliados com recurso a técnicas tridimensionais como a TC e o CBCT que fornecem informações precisas acerca da qualidade e quantidade ósseas (pouco precisas com as técnicas anteriormente referidas), buraco mentoniano, canal alveolar inferior, inclinação do processo alveolar, seio maxilar e raízes de dentes adjacentes, com baixas doses de radiação;

Em suma, é recomendada a realização de uma ortopantomografia como exame inicial e, se necessário, deve ser complementada com radiografias periapicais. Uma vez que não fornecem informações transversais, técnicas complexas como o CBCT devem ser, por vezes, solicitadas, já que este exame apresenta melhor resolução de imagem, custo e dose de radiação aceitáveis, está facilmente disponível para utilização, tem mínima distorção e ampliação e possibilita a simulação de colocação de implantes com recurso a um *software*, tornando o planeamento pré-operatório mais objetivo e previsível.

IV. BIBLIOGRAFIA

- Alcoforado, G., & Redinha, L. (2008). *Reabilitação com Implantes Endo-Ósseos*. Lidel.
- Alnahwi, M., Alqarni, A., Alqahtani, R., Magnas, B. B., & Alshahrani, F. N. (2017). Original article A survey on radiographic prescription practices in dental implant assessment. *Journal of Applied Dental and Medical Sciences*, 3(March).
- Angelopoulos, C., Aghaloo, T., & Angeles, L. (2011). Cone Beam Computed Tomography for the Implant Patient. *Dent Clin North Am.*, (1), 141–158. <https://doi.org/10.1016/j.cden.2010.08.001>.Cone
- Apaydin, B. K., Yasar, F., Kizildağ, A., & Tasdemir, O. U. (2018). Accuracy of digital panoramic radiographs on the vertical measurements of dental implants. *Cumhuriyet Dental Journal*, 21(3), 209–215. <https://doi.org/10.7126/cumudj.421453>
- Aravind, K., Dhanraj, M., & Jain, A. (2018). A review on imaging modalities for dental implants. *Drug Invention Today*, 10(7), 1310–1314. Retrieved from http://jprsolutions.info/view_journal_new.php?journal_id=2%0Ahttp://0-ovidsp.ovid.com.wam.leeds.ac.uk/ovidweb.cgi?T=JS&PAGE=reference&D=emexb&NEWS=N&AN=623382207
- Athota, A., Babu, D., Nagalaxmi, V., Raghoji, S., Waghray, S., & Chukka, R. (2017). A Comparative Study of Digital Radiography, Panoramic Radiography, and Computed Tomography in Dental Implant Procedures, 29(2), 8–11. <https://doi.org/10.4103/jia-omr.jiaomr>
- Bagga, M., Singh, R., Paul, E., Laller, S., Malik, M., & Fanan, S. (2014b). Diagnostic Imaging For Dental Implants. *Journal of Periodontal Medicine & Clinical Practice*, 1(3), 243–254.
- Beltrán Silva, J. A., Meneses López, A., & Ventura Ponce, H. R. (2003). Tomografía espiral convencional para implantes dentales: grado de magnificación. *Revista Estomatológica Herediana*, 13(2–1). <https://doi.org/10.20453/reh.v13i2-1.2048>
- Benavides, E., Rios, H. F., Ganz, S. D., An, C. H., Resnik, R., Reardon, G. T., ... Wang, H. L. (2012). Use of cone beam computed tomography in implant dentistry: The international congress of oral implantologists consensus report. *Implant Dentistry*, 21(2), 78–86. <https://doi.org/10.1097/ID.0b013e31824885b5>

- BouSerhal, C., Jacobs, R., Quirynen, M., & Steenberghe, D. (2002). Imaging Technique Selection for the Preoperative Planning of Oral Implants: A Review of the Literature. *Clinical Implant Dentistry and Related Research*, 4(3), 156–172. <https://doi.org/10.1111/j.1708-8208.2002.tb00167.x>
- Carraro, G., & Santos, F. C. (2014). A Importância da Tomografia Computadorizada para Avaliação de Áreas Edêntulas no Planejamento de Implantes. *Journal of Oral Investigations*, 3(2), 31–36. <https://doi.org/10.18256/2238-510x/j.oralinvestigations.v3n2p31-36>
- Chenin L., D. (2019). Foundations of CBCT Imaging for Implant Planning and Surgical Guides. *A Peer-Reviewed Publication*, 1–10.
- Dattatreya, S., Vaishali, K., Shetty, V., & Suma. (2016). Imaging Modalities in implant dentistry. *Journal of Dental & Oro-Facial Research*, 12(1), 22–29.
- Deeb, G., Antonos, L., Tack, S., Carrico, C., Laskin, D., & Deeb, J. G. (2017). Is Cone-Beam Computed Tomography Always Necessary for Dental Implant Placement? *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, 75(2), 285–289. <https://doi.org/10.1016/j.joms.2016.11.005>
- Delbalso, M., Greiner, F., & Licata, M. (1994). Role Imaging of Diagnostic in Evaluation of the Dental. *Imaging*, 14, 699–719.
- Deshpande, A., & Bhargava, D. (2014). Intraoral Periapical Radiographs with Grids for Implant Dentistry. *Journal of Maxillofacial and Oral Surgery*, 13(4), 603–605. <https://doi.org/10.1007/s12663-013-0499-2>
- Dias, M. L. P., Magrin, G. L., Bez, L. V., Benfatti, C. A. M., & Volpato, C. Â. M. (2016). Uso de guias no planejamento de próteses sobre implantes TT - Use of guides in planning for implant-supported prostheses. *Full Dent. Sci*, 7(26), 74–82. Retrieved from <http://pesquisa.bvsalud.org/portal/resource/pt/lil-786850>
- Duarte, F., Ramos, C., & Mendes, J. M. (2002). Brånemark Novum ® : Uma nova alternativa na reabilitação oral, 30–32.
- Ferreira, J. (2010). Seio maxilar: anatomo-fisiologia e alternativas para a reabilitação do maxilar superior. *Maxillars*.
- Frederiksen, N. L. (1995). Diagnostic imaging in dental implantology. *Oral Surgery, Oral*

- Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology And*, 80(5), 540–554.
[https://doi.org/10.1016/S1079-2104\(05\)80153-2](https://doi.org/10.1016/S1079-2104(05)80153-2)
- Gaviria, L., Salcido, J. P., Guda, T., & Ong, J. L. (2014). Current trends in dental implants. *Journal of the Korean Association of Oral and Maxillofacial Surgeons*, 40(2), 50. <https://doi.org/10.5125/jkaoms.2014.40.2.50>
- Gray, C. F., Redpath, T. W., Smith, F. W., & Staff, R. T. (2003). Advanced imaging: Magnetic resonance imaging in implant dentistry. *Clin. Oral Impl.*, 18–27.
- Guerrero, M. E., Jacobs, R., Schutyser, F., Loubele, M., Suetens, P., & van Steenberghe, D. (2006). State-of-the-art on cone beam CT imaging for preoperative planning of implant placement. *Clinical Oral Investigations*, 10(1), 1–7.
<https://doi.org/10.1007/s00784-005-0031-2>
- Jacobs, R., Salmon, B., Codari, M., Hassan, B., & Bornstein, M. M. (2018). Cone beam computed tomography in implant dentistry: Recommendations for clinical use. *BMC Oral Health*, 18(1), 1–16. <https://doi.org/10.1186/s12903-018-0523-5>
- Jayadevappa, B., Kodhandarama, G., Santosh, S., & Wani, R. (2010). Imaging of dental implants. *Journal of Oral Health Research*, 1(2), 50–61. Retrieved from <http://www.johr.in/articles/apr-10/Issue-2-1.pdf>
- 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.
<https://doi.org/10.1259/dmfr/20544408>
- Kumar, A., Agrawal, G., Agrawal, A., Kakkad, A., & Sreedevi. (2014). Journey from 2D to 3D : Implant imaging a review. *International Journal of Contemporary Dental and Medical Reviews*, 2014, 1–5. <https://doi.org/10.15713/ins.ijcdmr.13>
- Lingam, A., Reddy, L., Nimma, V., & Pradeep, K. (2014). “Dental implant radiology” emerging concepts in planning implants. *Journal of Orofacial Sciences*, 5(2), 88.
<https://doi.org/10.4103/0975-8844.124250>
- Luke, B. A., & Cam, C. A. D. (2014). Using Cone Beam (CBCT) in Implantology, (April), 9–10.
- Madhav, V. N. V. (2011). Cone Beam Computed Tomography In Implantology. *Indian*

- Journal of Dental Sciences.*, 4(5).
- Misch, C. E. (2008). *Implantes Dentais Contemporâneos* (3rd ed.). Elsevier.
- Misch, C. E., & Resnik, R. (2018). *Complicaciones en implantología oral* (1ª). Elsevier.
- Misch E., C. (2006). *Prótese sobre Implantes*. Livraria Santos.
- Monsour, P. A., & Dudhia, R. (2008). Implant radiography and radiology. *Australian Dental Journal*, 53(SUPPL. 1). <https://doi.org/10.1111/j.1834-7819.2008.00037.x>
- Nagarajan, A., Namasivayam, A., Perumalsamy, R., & Thyagarajan, R. (2014). Diagnostic Imaging for Dental Implant Therapy. *Journal of Clinical Imaging Science*, 4(2), 4. <https://doi.org/10.4103/2156-7514.143440>
- Ozalp, O., Tezerisener, H. A., Kocabalkan, B., Buyukkaplan, U. S., Ozarslan, M. M., Kaya, G. S., ... Sindel, A. (2018). Comparing the precision of panoramic radiography and cone-beam computed tomography in avoiding anatomical structures critical to dental implant surgery: A retrospective study. *Imaging Science in Dentistry*, 48(4), 269–275. <https://doi.org/10.5624/isd.2018.48.4.269>
- Pandey, K., Gaur, A., Katiyar, P., Srivastava, P., Bashir, T., & Rai, A. (2016). Imaging Techniques for Dental Implants: Review Article. *British Journal of Medicine and Medical Research*, 18(7), 1–8. <https://doi.org/10.9734/bjmmr/2016/28115>
- Pedreira, E., Taveira, L., & Freitas, C. (2005). Aplicação da Tomografia Computadorizada no Planejamento. *RBP – Revista Brasileira de Implantodontia & Prótese Sobre Implantes*.
- Pedroso, L. A. D. M., Garcia, R. R., Leles, J. L. R., Leles, C. R., & Silva, M. A. G. S. (2013). Impact of cone-beam computed tomography on implant planning and on prediction of implant size. *Brazilian Oral Research*, 28(1), 46–53. <https://doi.org/10.1590/S1806-83242013005000029>
- Rodrigues, A. F. (2007). Aplicações da Tomografia Computadorizada na Odontologia. *Pesquisa Brasileira Em Odontopediatria e Clínica Integrada*, 7(3), 317–324. <https://doi.org/10.4034/1519.0501.2007.0073.0020>
- Santos, C. (2014). Planejamento radiográfico e tomográfico para instalação de implantes dentários, 17–22.
- Sharda, N., & Kant, P. (2012). Dental Implant Imaging: An Overview, 05(01), 39–41.

- Sharma, S., Sharma, V., Khandelwal, M., Punia, V., Malot, S., & Porwal, A. (2018). Imaging in Dental Implantology: A Review, *17*(7), 13–23. <https://doi.org/10.9790/0853-1707011323>
- Siddhartha, C., Agrawal, A., Singh, N., & Singhal, A. (2013). Dentscan: a diagnostic boon. *Journal of Dental Sciences and Research*, *4*(01), 13–17.
- Soni, K., Choukse, V., Umesh, P., Srivastava, R., & Sharma, S. (2016). IMAGING TECHNIQUES IN DENTAL IMPLANTOLOGY. *NJDSR*, *1*(4), 6–10.
- Surapaneni, H., Yalamanchili, P., Yalavarthy, R., & Reshmarani, A. (2013). Role of computed tomography imaging in dental implantology: An overview. *Journal of Oral and Maxillofacial Radiology*, *1*(2), 43. <https://doi.org/10.4103/2321-3841.120105>
- Thakkar, D., & Rai, J. (2017). EVIDENCE BASED APPROACH FOR IMPLANT IMAGING. *Dental Science*, (November 2014), 56–58.
- 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. <https://doi.org/10.1016/j.oooo.2012.03.005>
- 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. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0501.2007.01402.x>
- Waqar Hussain, M., Razzaq Ahmed, A., Aamir Ghafoor Chaudhary, M., & Saquib Abullais, S. (2017). Latest Trends in Imaging Techniques for Dental Implant: A Literature Review. *International Journal of Radiology & Radiation Therapy*, *3*(5), 3–6. <https://doi.org/10.15406/ijrrt.2017.03.00076>
- White, S. C., & Pharoah, M. J. (2015). *Radiologia Oral: fundamentos e interpretação* (7th ed.). Elsevier.
- Zhang, D., & Zheng, L. (2015). Dental Implants. In M. Viridi (Ed.), *Emerging Trends in Oral Health Sciences and Dentistry*. <https://doi.org/10.5772/59258>

Zohrabian, V., Sonick, M., Hwang, D., & Abrahams, J. (2018). Dental implants. *Bioceramics Calcium Phosphate*, 36(5), 115–130.
<https://doi.org/10.1201/9781351070133>