

Faculdade de Medicina da Universidade de Coimbra



Tomografia Computorizada de feixe cónico em Medicina Dentária

Mestrado Integrado em Medicina Dentária

Aprígio Armada¹

José Pedro Figueiredo²

2012

¹Aluno do Mestrado Integrado em Medicina Dentária da Faculdade de Medicina da Universidade de Coimbra

²Professor Auxiliar da Faculdade de Medicina da Universidade de Coimbra

Endereço: Área de Medicina Dentária da Faculdade de Medicina da Universidade de Coimbra, Coimbra, Portugal

aprigio.armada@hotmail.com

Índice	
Resumo	4
Abstract	6
Desenvolvimento	7
Introdução	7
Material e métodos	11
História	12
Funcionamento	13
Vantagens	16
Desvantagens	18
Aplicações na prática clínica	18
Implantologia.....	18
Endodontia.....	21
Ortodontia.....	22
Cirurgia oral.....	23
Reabilitação oclusal.....	23
Conclusão	25
Agradecimentos	26
Referências bibliográficas	27

Resumo

Introdução Para a realização de um correcto diagnóstico em medicina dentária é por vezes necessária a visualização de exames radiológicos. Os mais comumente utilizados são as radiografias periapicais e as radiografias panorâmicas. No entanto, estas são imagens bidimensionais resultantes de sobreposições de várias estruturas, não conferindo ao médico dentista a possibilidade de uma correcta visualização das relações tridimensionais entre as estruturas. Desta forma surgiu a tomografia. Inicialmente a tomografia computadorizada multi-corte ou helicoidal e mais recentemente a tomografia computadorizada de feixe cónico.

Objectivo Ilustrar o funcionamento da tomografia computadorizada de feixe cónico, assim como as suas vantagens e desvantagens na sua aplicação às várias áreas da medicina dentária.

Material e métodos Foi realizada uma pesquisa bibliográfica electrónica na base de dados científica PubMed complementada por pesquisa manual resultando em 42 artigos publicados em língua inglesa entre os anos de 1946 e 2012.

Desenvolvimento A tomografia computadorizada de feixe cónico começou a ser aplicada na medicina na década de 1980 na realização de angiografias. A sua utilização em medicina dentária faz-se a partir de 1998 por Mozzo. Após a aprovação pela Food and Drug Administration em 2000 foi iniciada a sua comercialização encontrando-se à venda no mercado 21 aparelhos distintos. O seu funcionamento baseia-se numa ampola de raios-X que emite um feixe cónico sobre um sensor bidimensional, atravessando o doente. Estes dois aparelhos rodam 360 graus em torno de um ponto fixo do doente. Através da reconstrução feita por programas informáticos é possível a obtenção de imagens tridimensionais. As vantagens desta tecnologia quando comparadas com a tomografia computadorizada convencional são o menor custo dos aparelhos, a menor dose de radiação emitida, o menor espaço ocupado pelos aparelhos, o menor tempo necessário à realização do exame e a possibilidade de o exame ser realizado com o doente sentado mantendo a posição vertical da cabeça. As desvantagens passam pela dificuldade na visualização dos tecidos moles. A sua aplicação na medicina dentária pode ser vantajosa na implantologia, na endodontia, na ortodontia, na cirurgia oral e na reabilitação oclusal.

Conclusão A tomografia computadorizada de feixe cónico é uma tecnologia útil em várias áreas da medicina dentária uma vez que permite a obtenção de imagens equiparáveis às da tomografia computadorizada convencional, acarretando menores custos para o doente e expondo-o a menores doses de radiação. Graças ao formato e dimensão dos aparelhos, surge para eles um lugar numa clínica de medicina dentária.

Palavras-chave: tomografia computadorizada de feixe cónico; tomografia computadorizada de feixe cónico em medicina dentária; funcionamento da tomografia computadorizada de feixe cónico; vantagens da tomografia computadorizada de feixe cónico.

Abstract

Introduction In order to make a correct diagnosis in dentistry it is often necessary the use of radiologic exams. These exams used with higher frequency are the periapical radiographies and panoramic radiographies. Although, these are two-dimensional images in result of many structures superimpositions, so the clinician can't visualize the tridimensional relationships between the different structures. By that reason, tomography has been developed, initially multi-slice computed tomography and helicoidal computed tomography and recently cone beam computed tomography.

Aim To describe the operational principles of cone beam computed tomography as its advantages and disadvantages in the clinical applications in different fields of dentistry.

Methodology An electronic search has been made on PubMed Medline. In addition a manual search has been effectuated resulting in 42 articles published in English language between 1946 and 2012

Results Cone beam computed tomography first application was used in the decade of 1980 applied to angiography. Its utilization in dentistry dates to 1998 by Mozzo. Since the use in dentistry was approved by the Food and Drug Administration in year 2000 the commercialization has grown and there are 21 different scanners able to buy by dentists. Cone beam computed tomography utilizes a cone beam and a two-dimensional detector. These objects move 360 degrees around a fixed point of the patient. With the help of computer software's the tridimensional image conversion is possible. The advantages of cone beam technology in comparison with conventional computed tomography are numerous: less cost of the scanner, less emitted radiation dose, the scanner is smaller than conventional scanners, the exam is faster and can be done with the patient in a seated position. The main disadvantage is the difficulty in observation of soft tissues. The applications in dentistry include implantology, endodontics, orthodontics, oral surgery and occlusion.

Conclusion Cone beam computed tomography is a useful technology in numerous fields of dentistry because its images are similar to conventional computed tomography images with less cost and less emitted radiation dose. Because of scanners size and cost they are suitable for a dental office.

Keywords: cone beam computed tomography; dental cone beam computed tomography; technical description of cone beam computed tomography; cone beam computed tomography advantages.

Desenvolvimento

Introdução

O diagnóstico é uma das etapas mais importantes da medicina dentária. A sua complexidade é variável podendo obter-se através do exame clínico pela observação oral nos casos mais simples ou ser necessário uma panóplia de exames complementares para casos mais dúbios e complexos. Os exames imagiológicos são os meios complementares de diagnóstico utilizado por excelência na medicina dentária. Desde a descoberta de Rontgen que a radiação X serviu a medicina na área do diagnóstico por imagem e a medicina dentária não foi exceção(1). Através do fabrico de pequenas películas radiográficas foi possível a popularização das radiografias intraorais. Este tipo de exame radiológico foi sofrendo evoluções e graças à evolução tecnológica foi possível o aparecimento de radiografias digitais, com um sensor digital, possibilitando melhores definições de imagem com uma menor dose de radiação emitida. No entanto, estas radiografias apenas nos permitem ter uma noção da realidade nos sentidos mesio-distal e apico-coronário, não permitindo ao médico dentista ter ideia do posicionamento linguo-vestibular das estruturas a observar, uma vez que a imagem obtida é resultado de sobreposições observadas bidimensionalmente.

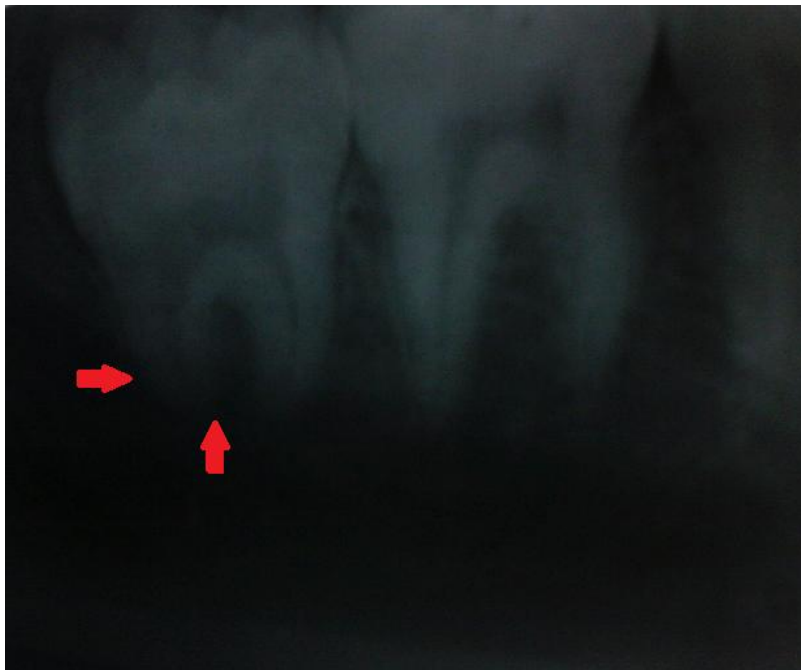


Figura 1 Imagem de uma radiografia periapical na qual a relação entre as raízes do dente 48 e o canal dentário é de difícil visualização

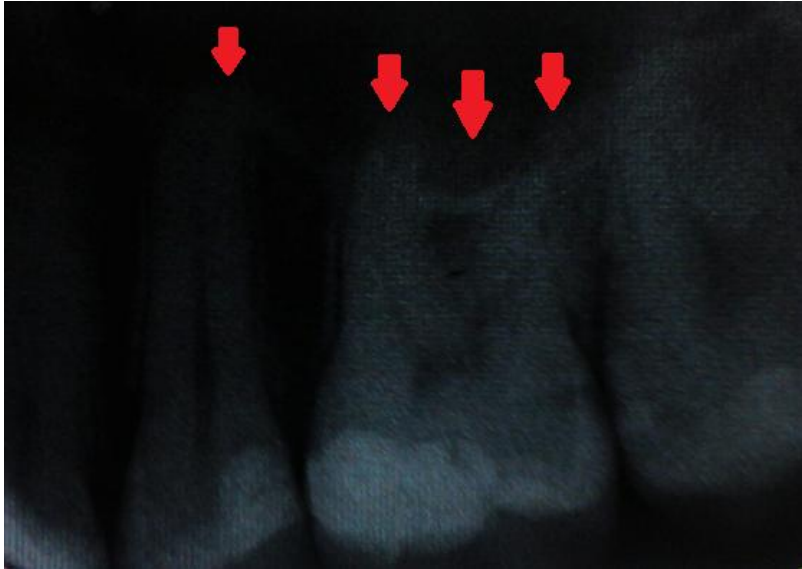


Figura 2 Imagem de uma radiografia periapical na qual a relação entre as raízes dos dentes 25 e 26 e o seio maxilar é de difícil compreensão.

Por outro lado, para ser possível a visualização de toda a cavidade oral seriam necessárias várias radiografias. Para colmatar esta lacuna, surgiram as radiografias panorâmicas, também elas com a possibilidade de serem digitais, que se caracterizam por um feixe de raios-X a emitir para um sensor, que se deslocam em torno dos arcos dentários superior e inferior resultando numa imagem bidimensional das estruturas curvas(2). A imagem obtida, semelhante à imagem das radiografias intraorais permite a visualização nos sentidos mesio-distal e apico-coronário não permitindo uma correcta avaliação das situações onde é necessária a avaliação de estruturas no sentido linguo-vestibular.

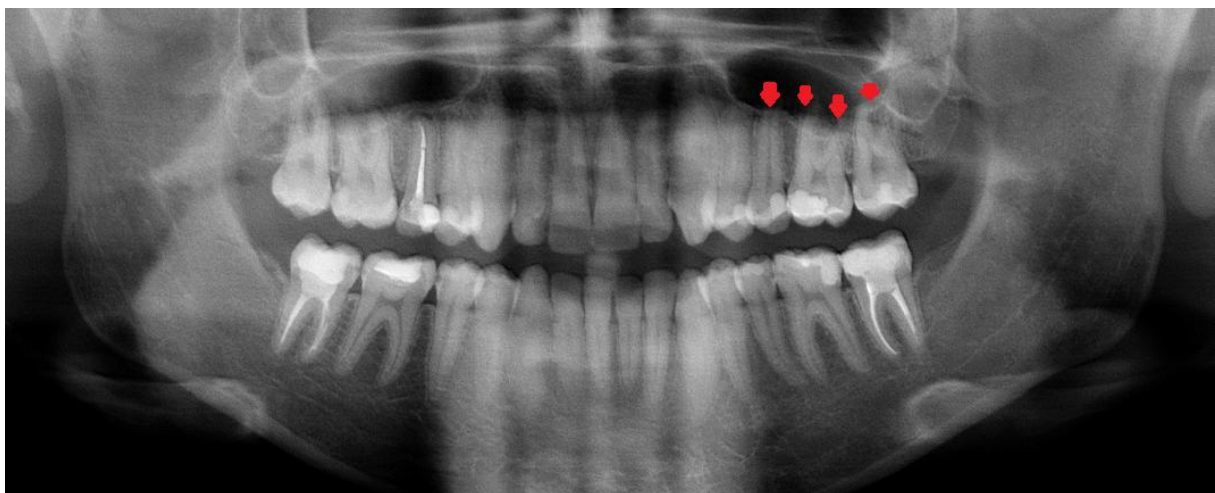


Figura 3 Imagem de uma radiografia panorâmica na qual a visualização da relação entre as raízes assinaladas e o seio maxilar não é precisa com o recurso a este exame.



Figura 4 Imagem de uma radiografia panorâmica na qual a visualização da relação entre as raízes do dente 48 e o canal dentário inferior não é clara após a observação deste exame.

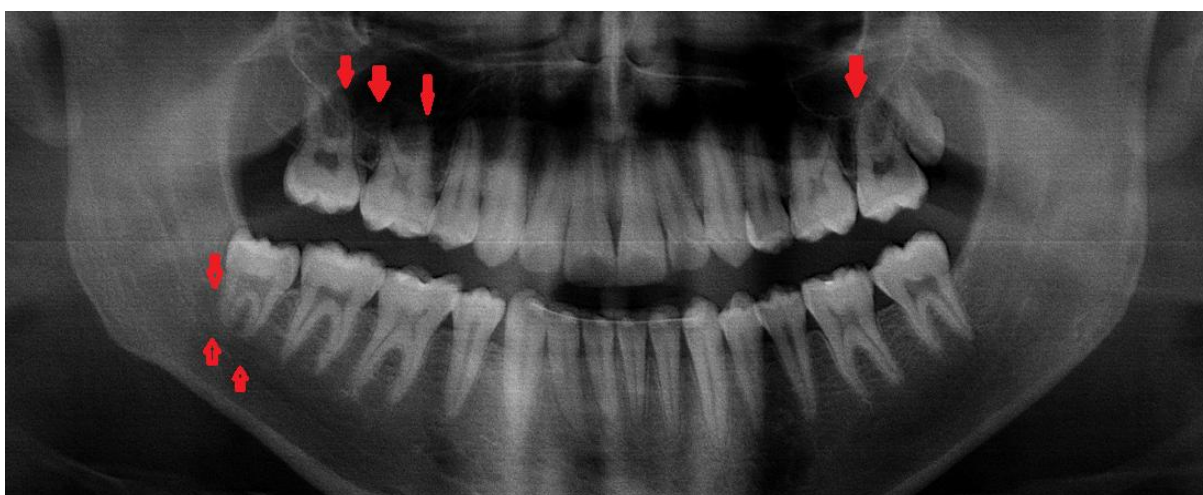


Figura 5 Imagem de uma radiografia panorâmica na qual a relação entre as raízes dentárias assinaladas e o seio maxilar e o canal dentário não são de visualização precisa com este exame.

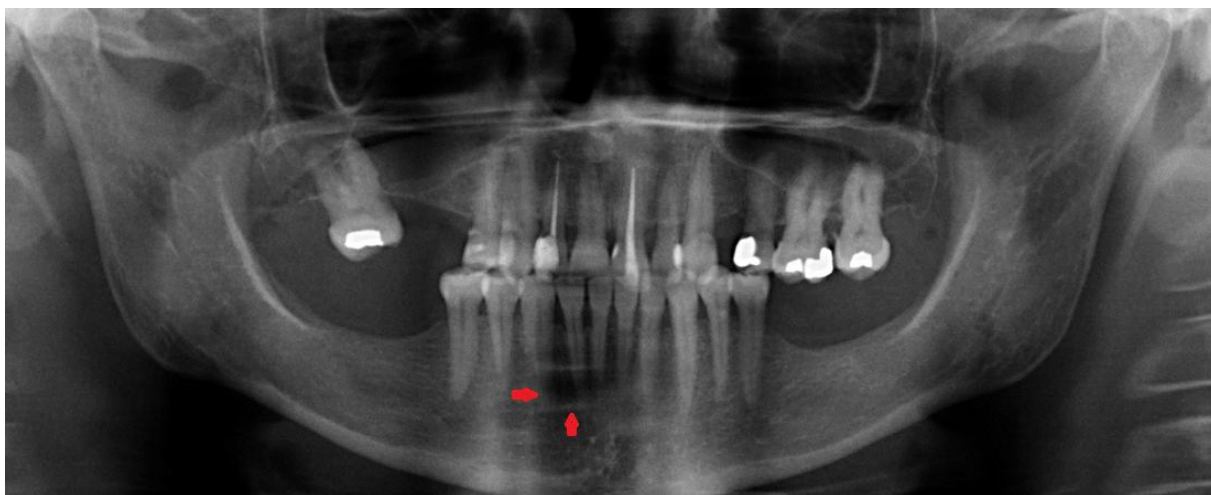


Figura 6 Imagem de uma radiografia panorâmica na qual se observa um defeito ósseo. No entanto, esta imagem não permite caracterizar com exactidão o defeito. Neste caso seria útil a realização de uma tomografia computadorizada de feixe cónico.

Um outro problema desta técnica radiográfica é a falta de precisão das medições nela efectuadas, uma vez que a distância entre o objecto a radiografar e o sensor vai provocar uma ampliação das estruturas. Poder-se-ia pensar que um factor de ponderação resolveria o problema, no entanto isto não se verifica uma vez que a distância entre o objecto a radiografar e o sensor não é sempre a mesma resultando em ampliações diferentes(3).

Para que seja possível a observação dos três planos do espaço é necessário um outro tipo de exame radiológico, a tomografia. A tomografia convencional surgiu em 1967 por Hounsfield e teve avanços tecnológicos imediatamente após o seu aparecimento. Na sua maioria, estes aparelhos são compostos por um emissor de raios-X que incidem sobre um detector em forma de arco que se encontram em posições diametralmente opostas em relação ao doente e que rodam em seu torno descrevendo um movimento helicoidal em volta do mesmo. Como resultado vão ser obtidos inúmeros cortes bidimensionais que através de uma reconstrução feita por computador permitem obter uma imagem tridimensional, sendo denominada normalmente esta técnica por tomografia computadorizada. Este tipo de exame tem como desvantagens o elevado custo do aparelho, assim como o seu grande volume, o elevado tempo que demora a realizar cada exame, uma vez que o sensor tem que rodar muitas vezes sobre o doente, sendo difícil para o doente manter-se imóvel durante todo esse tempo, e conseqüentemente uma elevada dose de radiação resultante do elevado número de cortes(4-6).

Na tentativa de colmatar estas desvantagens surgiu a tomografia computadorizada de feixe cónico. Utilizando um feixe de raios-X cónico em substituição ao tradicional feixe linear.

Este tipo de tomografia processa-se com a emissão de um feixe de radiação cónico que incide num sensor bidimensional, atravessando o doente. Como o sensor é bidimensional, apenas numa rotação de 360° onde se captam várias imagens é possível a partir delas a reconstrução de imagens tridimensionais demorando o exame menos tempo do que a tomografia convencional, reduzindo também a radiação emitida. O custo destes aparelhos, específicos para exames da região maxilo-facial, é inferior ao das tomografias convencionais e a sua logística é melhorada graças às suas menores dimensões(4, 6-11). A desvantagem deste exame imagiológico é a sua ineficácia no que toca à observação de tecidos moles devido à menor radiação envolvida, o que faz com que estruturas com densidades radiológicas idênticas apresentem graus de cinzento medidos em unidades Hounsfield variáveis(5, 12). A sua aplicação na medicina dentária tem sofrido um crescendo na última década e encontra-se hoje em dia generalizada a quase todas as áreas/especialidades tais como a implantologia, a ortodontia, a endodontia ou a cirurgia oral.

O objectivo deste trabalho é fazer uma revisão da literatura de forma a explicar o funcionamento da tomografia computadorizada por feixe cónico e averiguar a sua precisão e as doses de radiação envolvidas neste tipo de exame quando comparadas com a tomografia computadorizada convencional. Passa também pelos objectivos ilustrar as principais indicações descritas na literatura da tomografia computadorizada por feixe cónico na medicina dentária.

Material e métodos

Para a realização do trabalho foi feita uma pesquisa na base de dados científica electrónica PubMed com as palavras-chave “cone beam”, “cone beam computed tomography”, “cone beam accuracy”, “cone beam computed tomography accuracy”, “cone beam radiation dose”, “cone beam computed tomography radiation dose”, “cone beam computed tomography implantology”, “cone beam computed tomography orthodontics” e “cone beam computed tomography endodontics”. Foram lidos os resumos dos artigos encontrados de forma a averiguar o conteúdo dos artigos tendo sido incluídos os que mostraram relevância para a realização deste trabalho. A pesquisa electrónica foi complementada por pesquisa manual de artigos citados nos artigos previamente seleccionados de forma a enriquecer o conteúdo bibliográfico. Englobando os dois métodos a pesquisa resultou em 42 artigos redigidos em língua inglesa publicados entre 1946 e 2012. Foi ainda consultado o sítio da internet www.conebeam.com de forma a recolher as informações técnicas actualizadas fornecidas pelos fabricantes.

História

O início da utilização da tomografia computadorizada de feixe cônico não se prende com a medicina dentária. Os primeiros relatos do seu uso referem-se à angiografia no ano de 1982. O uso na angiografia deve-se à falta de importância na obtenção de imagens com boa resolução e qualidade dos tecidos moles. Ao longo da década de 80 do século passado foram surgindo diferentes aparelhos que evoluíram na qualidade de imagem. O seu uso passou ainda pela radioterapia, sendo esta utilização iniciada em 1992(13). Posteriormente, a sua utilização na medicina tem vindo a ser alargada, principalmente na área da ortopedia no planeamento de cirurgias(14, 15).

A medicina dentária mostrou o seu interesse nesta tecnologia no final da década de 1990, mais concretamente em 1998 por Mozzo(16) e em 1999 por Arai(17), que criaram os primeiros aparelhos para uso específico na região maxilo-facial em medicina dentária. Estes autores referem que a sua utilização poderia ser benéfica na resolução de diagnósticos e planeamentos de tratamento de dificuldade elevada tais como fracturas ósseas e/ou dentárias, reabilitações com implantes endósseos ou tratamentos ortodônticos. A sua comercialização não tardou após a aprovação pela Food and Drug Administration no ano 2000(9). Em 2001 foi introduzido no mercado norte-americano o primeiro dispositivo de tomografia computadorizada de feixe cônico específico para a medicina dentária, o NewTom 3G DVT 9000 (Quantitative Radiology s.r.l., Verona, Itália)(6). Entretanto, a utilização da tomografia computadorizada de feixe cônico foi-se alastrando a outras áreas da medicina dentária, tais como a endodontia, graças à melhoria da resolução das imagens obtidas que permitem a visualização de estruturas submilimétricas, tais como os canais radiculares. Uma outra utilização é no âmbito da reabilitação oclusal nos casos em que havia a necessidade de estudar as estruturas ósseas da articulação temporomandibular com recurso à tomografia computadorizada convencional, que tem vindo a ser substituída pela tomografia computadorizada de feixe cônico. Este conjunto de indicações aliado ao desenvolvimento dos aparelhos proporcionando melhores imagens com tempos de exame menores, menores doses de radiação envolvidas e o menor espaço ocupado pelos aparelhos tem seduzido os médicos dentistas, que têm aumentado em larga escala o número de aparelhos deste tipo instalados nas suas clínicas. Os dados apontam para mais de 3000 aparelhos instalados em clínicas dos Estados Unidos da América no ano de 2010(11).

Actualmente existem disponíveis no mercado 21 aparelhos fabricados por 11 empresas: o Classic iCat e o Next Generation iCat da Image Sciences International, o NewTom Vgi e o NewTom 3G da ImageWorks Corp., o Kodak 9000 3D e o Kodak 9500 3D da Carestream Dental, o Promax 3D e o Promax 3D Max da Planmeca USA, o GALILEOS Comfort da Sirona Dental Systems, o Master 3Ds, o PaX-Reve 3D, o PaX-Duo 3D e o PaX

Zenith 3D da Vatech America, o Veraviewepocs 3D, o Veraviewepocs 3De e o 3D Accuitomo 170 da Jmorita, o Gendex CB-500 da Gendex, o Prexion 3D e o Prexion 3D Elite with CLEARimage scanning da Prexion, o CB Mercuray da Hitachi Medical Systems e o Scanora 3D da Soredex.

Funcionamento

A evolução tecnológica que proporcionou a mudança do mundo analógico para o mundo digital foi o grande catalisador que possibilitou o aparecimento da tomografia axial de feixe cônico. Aliado a esta mudança de paradigma foi possível a comercialização de computadores com capacidades técnicas melhoradas e com um custo que tem vindo a decrescer ao longo dos anos, ampolas de raios-X de feixe cônico mais baratas e o aparecimento de detectores de alta qualidade. Esta série de factores contribuiu para que esta tecnologia pudesse ser adaptada de forma rentável à medicina dentária(9, 18).

O funcionamento da tomografia computadorizada de feixe cônico baseia-se numa ampola de raios-x que emite um feixe cônico que incide sobre um intensificador de imagem e um sensor plano bidimensional. Estes componentes vão ter entre eles o doente e irão rodar sobre um ponto do mesmo que vai estar no centro da área de interesse a radiografar. Esta técnica difere das tomografias computadorizadas convencionais (multi-corte ou helicoidal) uma vez que estas utilizam um feixe em leque. Graças à aquisição de múltiplas projecções bidimensionais (por norma 512) é possível com apenas uma volta dos componentes sobre o doente obter informação em três dimensões, cujos componentes vão ser os voxels(4).

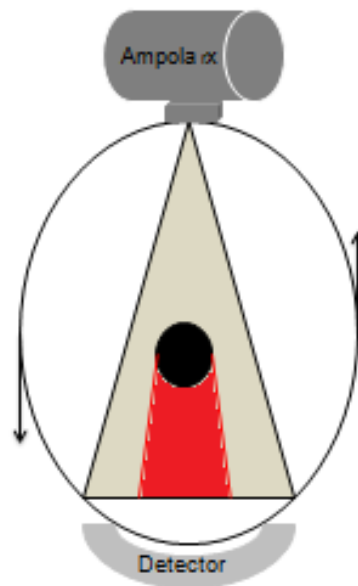


Figura 7 Esquema do funcionamento de uma tomografia computadorizada convencional na qual um feixe de raios-X em leque incide sobre o objecto a radiografar e é projectado numa bateria de sensores alinhados. O detector e a ampola rodam várias vezes em torno de um ponto do doente.

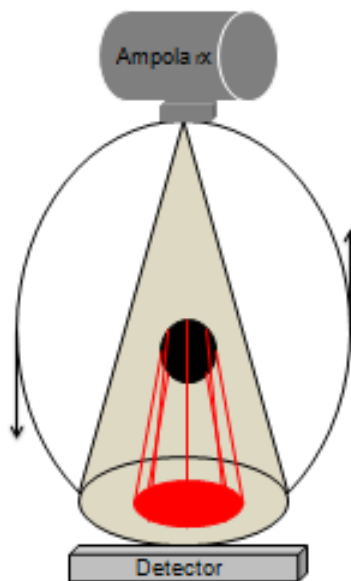


Figura 8 Esquema do funcionamento da tomografia computadorizada de feixe cónico na qual um feixe cónico de radiação incide sobre o objecto a radiografar e é projectado num sensor bidimensional. O detector e a ampola radam apenas uma vez em torno de um ponto do doente.

O voxel é o elemento da imagem tridimensional da mesma forma que o pixel é o elemento da imagem bidimensional. Esta conversão das imagens é feita normalmente pela reconstrução do algoritmo de Feldkamp(7). No entanto este algoritmo apresenta limitações, uma vez que não consegue determinar com precisão o grau de cinzento de uma estrutura, podendo haver estruturas de densidade igual com graus de cinzento diferentes. A “sombra” provocada por estruturas metálicas é um outro problema a necessitar de ser contornado. De forma a reduzir estas dificuldades têm sido investigadas novas formas de produzir a imagem e graças à existência de melhores computadores começa-se a usar a reconstrução interactiva, que engloba vários ciclos de reconstrução e de reprojecção. Outra forma de possibilitar uma correcta reconstrução de cinzentos é com a utilização de coeficientes de atenuação linear(12). Uma vantagem da tomografia computadorizada de feixe cónico é que os seus voxels são isométricos, ou seja, são um cubo perfeito. Pelo contrário os voxels de uma tomografia computadorizada convencional têm duas dimensões com comprimentos correspondentes entre eles, mas uma terceira dimensão que é dada pela distância entre os cortes tomográficos apresenta uma dimensão diferente. Isto faz com que as medições efectuadas na tomografia computadorizada de feixe cónico tenham potencial para ser mais precisas do que as medições realizadas na tomografia computadorizada convencional(9).

Existem dois tipos de exame possíveis de realizar com a tomografia computadorizada de feixe cónico: o exame limitado ou regional e o exame total ou facial. Na tomografia computadorizada de feixe cónico limitada o campo de visão pode variar entre os 40 milímetros e os 100 milímetros e os seus voxels podem ter entre 0,1x0,1x0,1 milímetros e 0,2x0,2x0,2 milímetros. Esta técnica pode ser vantajosa em situações onde apenas é necessário obter informação de uma pequena área e ao mesmo tempo de maior qualidade de imagem e maior resolução. A tomografia computadorizada de feixe cónico total apresenta um campo de visão entre os 100 milímetros e os 200 milímetros e os seus voxels podem medir entre os 0,3x0,3x0,3 milímetros e os 0,4x0,4x0,4 milímetros. Esta opção apresenta-se indicada para situações nas quais avaliar a generalidade da área maxilo-facial é uma prioridade em detrimento da qualidade e resolução da imagem(9).

Todas as aplicações desta tecnologia só são possíveis devido aos programas informáticos incorporados no aparelho e instalados no computador. Estes programas utilizam o formato DICOM (digital imaging and communications in medicine) para as imagens, o que possibilita a sua visualização e manuseamento através de um computador. Estes programas possibilitam a visualização de cortes bidimensionais no sentido frontal, sagital e coronário assim como a possibilidade de efectuar medições nestas imagens e de eliminar sobreposições. Está também incluída nos programas a possibilidade de observar as estruturas tridimensionalmente, permitindo perceber a relação entre elas. Graças ao avanço

da tecnologia CAD/CAM (design assistido por computador e fabrico assistido por computador) foi também introduzido pelos fabricantes a possibilidade de manuseamento das imagens tridimensionais com vista à realização de planos de tratamento no computador. É possível o planeamento de tratamentos ortodônticos através dos programas Dolphin Imaging® e InVivoDental by Anatomage® ou da reabilitação com implantes endósseos através do programa Virtual Implant Placement®.

Vantagens

As vantagens da tomografia computadorizada de feixe cónico passam sobretudo pela simplificação de processos envolvidos na tomografia computadorizada convencional. A sua possibilidade de ser utilizada em medicina dentária pela sua instalação numa clínica está interligada à sua reduzida dimensão quando comparados os aparelhos da tomografia de feixe cónico com os da tomografia convencional. Desta forma, numa pequena sala da clínica de medicina dentária é possível instalar facilmente um destes aparelhos, tendo em atenção os cuidados de protecção radiológica e liga-lo a qualquer um dos computadores existentes num outro gabinete da clínica(7, 17). Alia-se a esta vantagem o menor custo do aparelho quando comparado com um da tomografia computadorizada convencional. Este menor custo do aparelho facilita a aquisição do mesmo e ainda possibilita o abaixamento do custo de cada exame, com repercussões directas para o doente(7).

É também uma vantagem a menor duração do tempo de exame. Uma vez que o feixe de radiação e o sensor apenas necessitam de girar um vez em torno do doente o tempo que isto demora é muito inferior ao das tomografias convencionais, essencialmente as multi-corte. Apesar da evolução destas para as helicoidais o tempo de exame continua a ser maior devido à necessidade de rodar o feixe e o sensor pelo doente repetidas vezes(4, 5). A comodidade para o doente é também favorecida uma vez que a grande maioria dos aparelhos de realização da tomografia computadorizada de feixe cónico permitem que o doente realize o exame sentado, ao invés da tradicional posição de supino, que por um lado necessita de um espaço maior e por outro pode ser um motivo de stress para o doente que se pode sentir mais vulnerável. Esta característica permite ainda que a posição articular entre a mandíbula e o maxilar seja mais fidedigna, uma vez que a cabeça se encontra numa posição vertical, sendo possível então estudar mais fielmente as estruturas ósseas componentes da articulação temporomandibular(19).

O aspecto mais relevante e mais estudado sobre esta tecnologia é a precisão da mesma. Nos últimos anos têm sido feitos inúmeros estudos sobre a precisão da tomografia computadorizada de feixe cónico. E pode-se considerar um aspecto vantajoso, uma vez que as suas reconstruções tridimensionais mostraram, na maioria dos estudos, ter uma precisão

semelhante à tomografia computadorizada convencional. Esta precisão mostrou ser vantajosa na observação de lesões ósseas, no planeamento de implantes e na reconstrução das estruturas dentárias uma vez que sujeita o doente a uma menor dose de radiação e a um menor custo(20-26). Assim como a forma das reconstruções, também as medições nelas efectuadas, quer em cortes bidimensionais, quer nas imagens tridimensionais têm sido alvo da atenção dos autores que as têm comparado com as medições efectuadas em imagens obtidas por outras técnicas, tais como a tomografia computadorizada convencional ou com medições efectuadas directamente no objecto radiografado. Quando comparada com a tomografia computadorizada multi-corte, a tomografia computadorizada de feixe cónico mostrou ser uma ferramenta com a mesma eficácia(27). Quando comparado com as medições efectuadas no objecto, e como tal as reais, a tomografia computadorizada de feixe cónico mostrou ter medições proporcionais à realidade com erros inferiores a 1 milímetro nas medições lineares e inferiores a 1° nas medições angulares, não havendo diferença estatisticamente significativa entre as suas medições e a realidade(28). É também referenciado que as medições longitudinais são excelentes, com diferença inferior a 1 pixel, e as horizontais também com boa qualidade com uma margem de erro em relação à realidade de 2 pixels(29). Estes pequenos erros de mensuração decorrem principalmente graças a uma subvalorização dos comprimentos obtidos(30). Uma outra utilização da tomografia computadorizada de feixe cónico é a ortodontia e graças à boa imagem que os seus cortes bidimensionais apresentam é possível fazer o estudo cefalométrico a partir deste exame. Estudos referem que as medições efectuadas numa cefalometria feita a partir de uma tomografia computadorizada por feixe cónico são mais precisas do que as efectuadas a partir de uma telerradiografia de perfil da face(31, 32). Existem ainda estudos onde se conclui que a precisão do estudo cefalométrico utilizando a tomografia computadorizada de feixe cónico e a telerradiografia de perfil da face são semelhantes, devendo a tomografia computadorizada de feixe cónico ser guardada para as situações em que a observação digital do caso tridimensionalmente seja um benefício para o plano de tratamento a efectuar(33).

A dose de radiação emitida neste exame é também um dos aspectos da tecnologia mais amplamente estudados. A dose absorvida pelo doente é mais uma das vantagens desta técnica uma vez que quando comparada com a tomografia computadorizada é observada uma diminuição quer na dose efectiva quer na dose absorvida(6, 34, 35). A radiação efectiva na realização de uma tomografia computadorizada de feixe cónico varia entre os 51,7 e os 1025,4 microSieverts, dependendo do aparelho utilizado, assim como do campo de visão seleccionado, correspondendo a uma dose de radiação equivalente a 4 a 78 radiografias panorâmicas(7).

Desvantagens

A principal desvantagem desta tecnologia é a sua limitada capacidade para observar os tecidos moles. Isto deve-se ao facto de que as sombras provocadas pelas estruturas mais densas são mais prejudiciais quando comparadas com as da tomografia computadorizada convencional. Desta forma, existem tecidos com densidade radiológica igual, a apresentarem unidades Hounsfield diferentes para o seu valor de cinzento(5). No entanto, com os avanços contínuos da tecnologia é de esperar que esta situação saia melhorada e é referido na literatura que a utilização de coeficientes de atenuação linear seria uma possibilidade de harmonização dos cinzentos(12).

Uma outra desvantagem prende-se pelo uso indevido desta tecnologia, nomeadamente na sua utilização para obter um panorama geral do doente substituindo-a à radiografia panorâmica, uma vez que a dose de radiação emitida é bastante superior à da radiografia panorâmica, devendo a sua utilização cingir-se a situações nas quais a imagem obtida pela radiografia panorâmica não satisfaz integralmente os propósitos do médico dentista(36).

Aplicações na prática clínica

Implantologia

O uso de implantes endósseos tem sofrido um grande crescimento nas últimas décadas nas reabilitações orais protéticas. Para se proceder à colocação destes implantes é necessário conhecer os limites ósseos do local onde se pretende coloca-los assim como ter uma noção da densidade desse mesmo osso. Para isso, os profissionais têm-se socorrido de radiografias panorâmicas, com todas as dificuldades que a interpretação deste exame acarreta, tais como a reconstrução em duas dimensões de um objecto tridimensional não permitindo ao médico dentista observar a estrutura óssea no sentido vestibulo-lingual e ainda a imprecisão que se prende com as medições nela efectuadas. Como tal, para casos mais dúbios, a requisição de tomografias computadorizadas multi-corte tem vindo a ser feita. Graças à sua precisão, aliada a um menor custo e a uma menor dose de radiação emitida, a tomografia computadorizada de feixe cónico é uma opção viável para o planeamento de uma reabilitação com implantes. Com este tipo de exames, o médico dentista pode visualizar tridimensionalmente as estruturas que necessita conhecer, nomeadamente as corticais ósseas, as relações com estruturas adjacentes, tais como as paredes do seio maxilar, o canal dentário inferior ou o nervo nasopalatino. Com o recurso a programas informáticos específicos, o médico dentista pode simular o tratamento e simultaneamente ilustrar ao doente a intervenção a que vai estar sujeito. Com o mesmo recurso é ainda possível

confeccionar guias cirúrgicas para colocação de implantes a partir das imagens obtidas pela tomografia computadorizada de feixe cónico. É de esperar que com o crescimento da utilização desta tecnologia, também a sua aplicação na implantologia sofra um crescendo de adeptos(4, 7, 8, 24).

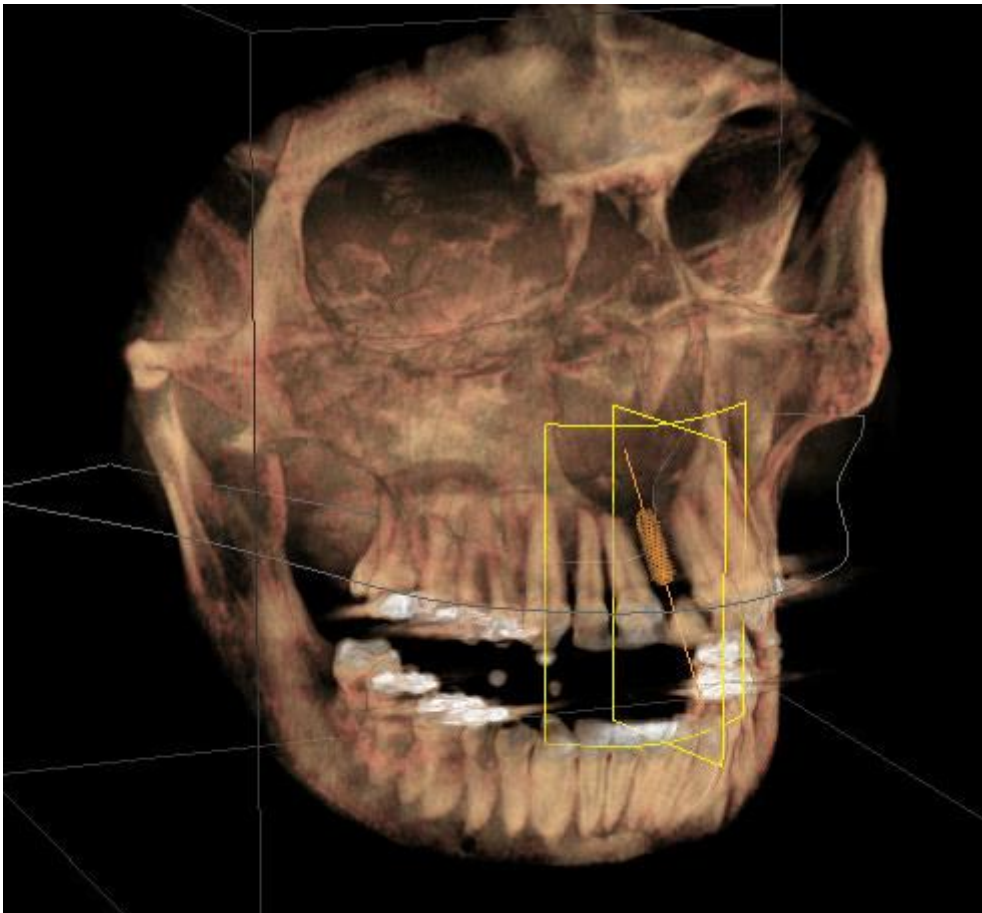


Figura 9a Planeamento de uma reabilitação com um implante através de uma imagem tridimensional obtida a partir da reconstrução de uma tomografia computadorizada de feixe cónico efectuada pelo aparelho Galileos 3D da Sirona Dental Systems. In: **Implant placement and screw-retained temporary crown in one day; Daniel Marinic (conebeam.com).**

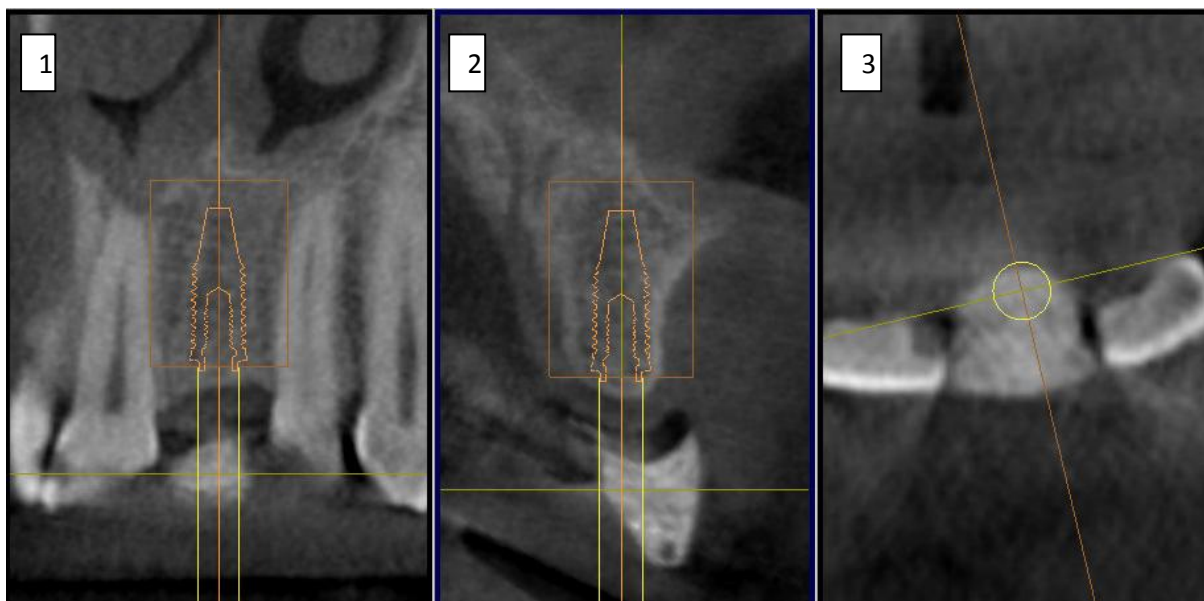


Figura 9b Vistas bidimensionais da tomografia computadorizada de feixe cônico efectuada pelo aparelho Galileos 3D da Sirona Dental Systems. 1) vista frontal; 2) vista sagital; 3) vista coronária. In: **Implant placement and screw-retained temporary crown in one day; Daniel Marinic (conebeam.com).**



Figura 9c Guia cirúrgica para a colocação do implante confeccionada a partir da tomografia computadorizada de feixe cônico. In: **Implant placement and screw-retained temporary crown in one day; Daniel Marinic (conebeam.com).**

Endodontia

A endodontia é, porventura, a área da medicina dentária que está mais vezes dependente dos exames radiológicos, e a que mais os utiliza. Estes exames são utilizados não só no diagnóstico e planeamento do tratamento, mas também como auxiliares na realização do mesmo e no controlo da sua qualidade no seu final. A realização de radiografias periapicais deve ser o primeiro passo no que toca aos exames complementares de diagnóstico feitos com vista ao estabelecimento de um diagnóstico. No entanto, graças à sobreposição de imagens nelas verificadas é difícil em muitas situações perceber com certeza aquilo que se passa. Aí entra a visualização tridimensional do espaço a estudar e as sobreposições deixam de ser uma preocupação. Com a possibilidade de serem realizadas tomografias computadorizadas de feixe cónico limitadas, foi possível a sua aplicação em endodontia, uma vez que a dose de radiação emitida nesta vertente do exame é muito inferior e a resolução tem vindo a melhorar com o aparecimento de novos aparelhos. Esta é porventura a característica mais importante para a sua aplicação endodôntica, uma vez que envolve a observação de estruturas submilimétricas, tais como os canais radiculares ou pequenas fracturas radiculares, sendo para isso necessário que as dimensões dos voxels sejam o mais reduzidas possível. Actualmente, o aparelho com melhor resolução é o Kodak 9000 3D da Carestream Dental com voxels do tamanho de 0,076 milímetros. A tomografia computadorizada de feixe cónico permite a visualização dos canais radiculares principais, assim como de canais acessórios de reduzidas dimensões. Os canais podem ser estudados quanto às suas curvaturas, ao seu comprimento ou ainda quanto à presença ou não de reabsorções internas. Podem ser estudadas as raízes dentárias, analisando-se a sua superfície radicular, sendo possível descrever a sua anatomia, a pesquisa de reabsorções externas ou de fracturas ou fissuras, assim como as relações com outras estruturas tais como lesões periapicais. Os objectos estranhos podem também ser observados mais facilmente e desta forma melhor caracterizados. A tomografia computadorizada de feixe cónico permite uma visualização mais precoce e mais precisa das lesões periapicais do que as radiografias periapicais. Desta forma, é possível o tratamento mais atempado destes casos, especialmente naqueles em que o doente se queixa sem razão clínica aparente. É também possível planear melhor o seu tratamento, quer através de um tratamento ou retratamento endodôntico convencional ou de um tratamento que passe pela cirurgia apical. O tratamento pode também ele ser aferido pela realização de uma tomografia computadorizada de feixe cónico limitada no seu final. É de esperar que com a evolução tecnológica, seja possível o aparecimento de aparelhos com uma crescente resolução de imagem graças a voxels mais pequenos, podendo a sua utilização na endodontia sofrer uma ainda maior expansão(6, 7, 9, 20, 37-39).

Ortodontia

A ortodontia por norma utiliza exames radiológicos na realização do diagnóstico sendo os mais usuais a radiografia panorâmica e a telerradiografia de perfil da face. Com uma tomografia de perfil da face é possível obter estas imagens num só exame, sendo possível efectuar medições quer lineares, quer angulares com precisão. Para além disso, é possível a visualização tridimensional das estruturas da face, e como tal é possível estudá-las detalhadamente. As corticais ósseas podem ser facilmente visualizadas, para estudar a margem de manobra para a movimentação dentária ou para estudar a colocação de micro implantes, assim como os dentes que ainda não erupcionaram. Sobre os últimos, podemos saber a sua posição tridimensional, as suas dimensões com vista ao cálculo do espaço necessário para o alinhamento dentário e ainda a sua relação com as raízes dos dentes adjacentes, como é exemplo o canino superior que por vezes pode provocar a reabsorção radicular do incisivo lateral. É ainda possível observar as reabsorções apicais generalizadas provocadas pelo tratamento ortodôntico. Outra utilização pode ser feita em doentes com fendas palatinas, que necessitam na sua maioria das vezes de tratamento ortodôntico, nos quais é difícil a movimentação dentária uma vez que muitas vezes a cortical óssea lingual e palatina estão fundidas. As vias respiratórias também são de interesse para o ortodontista, especialmente a sua permeabilização que vai permitir que o doente mantenha uma posição de relaxamento adequada com a boca fechada. Este exame pode permitir a observação tridimensional das vias respiratórias. Uma outra potencialidade ao dispor dos ortodontistas é a observação tridimensional do caso, com a possibilidade de o manipular e de simular o tratamento ortodôntico, inclusivamente a cirurgia ortognática, sendo possível mostrar a previsão ao doente e conseqüentemente obter uma melhor colaboração do mesmo(5, 7, 10, 31-33, 40).

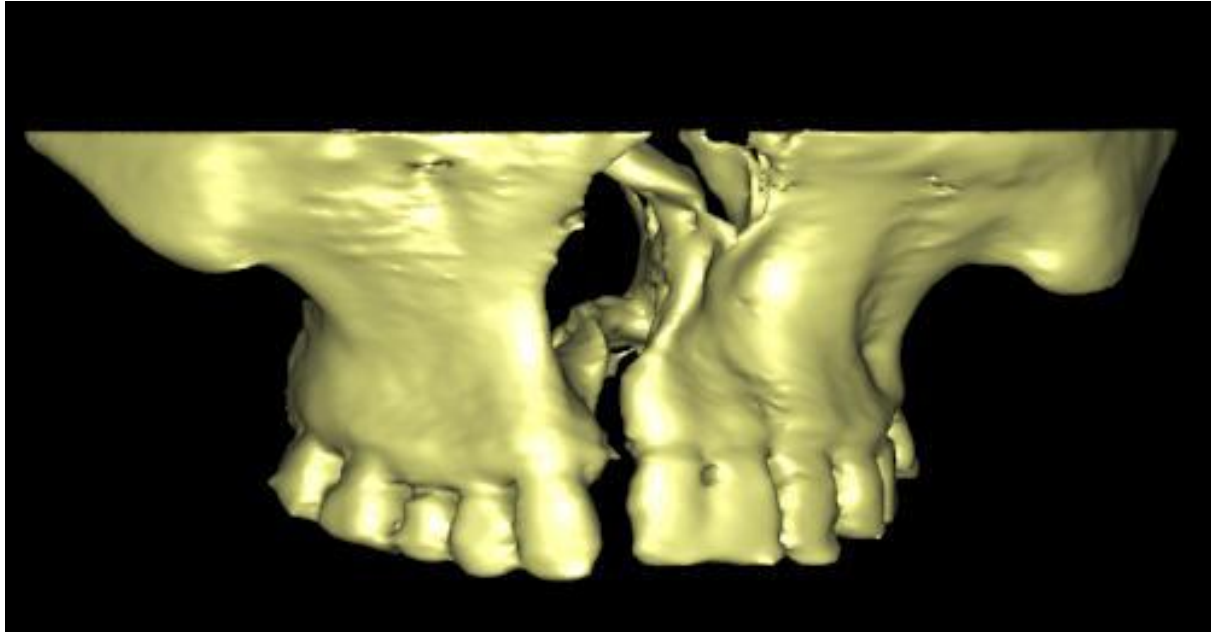


Figura 10 Imagem tridimensional obtida através da reconstrução de uma tomografia computadorizada de feixe cónico. Observa-se na imagem os limites do osso maxilar de um paciente com fenda palatina no planeamento de uma cirurgia reconstructiva. In: **Cleft lip and palate; Mitra sadrameli (conebeam.com).**

Cirurgia oral

A aplicação da tomografia computadorizada de feixe cónico na cirurgia oral passa essencialmente pelo planeamento da extracção de dentes inclusos. Os seus exemplos mais comuns são o canino superior, os terceiros molares e os dentes supranumerários. Esta ferramenta permite a observação espacial dos dentes inclusos e idealizar a melhor forma de os extrair, removendo a menor quantidade de osso possível e evitando a lesão de estruturas adjacentes. As estruturas adjacentes mais comumente perigadas pela extracção dos terceiros molares são o nervo dentário inferior e o seio maxilar. Por vezes a observação das relações das raízes destes dentes com essas estruturas é possível através da radiografia panorâmica ou de radiografias periapicais, no entanto em casos de sobreposição das imagens não é possível saber se essas estruturas estão ou não em íntima relação sem que seja consultada uma imagem tridimensional(7, 41, 42).

Reabilitação oclusal

Muitas vezes em reabilitação oclusal não basta o exame oclusal e funcional do doente para ser conseguido um correcto diagnóstico, sendo necessária a ajuda de exames complementares de diagnóstico imagiológicos com vista à visualização da articulação temporomandibular. O exame mais completo para a visualização da articulação

temporomandibular é a ressonância magnética, uma vez que permite a observação das estruturas ósseas, tais como o côndilo mandibular ou a fossa articular do temporal, e dos tecidos moles pertencentes à articulação, tal como o disco articular. No entanto, existem casos nos quais o clínico apenas pretende observar as estruturas ósseas e como tal, uma tomografia computadorizada serve as suas intenções. Dado o seu menor custo, menor dose de radiação emitida e semelhante precisão, a tomografia computadorizada de feixe cónico tem conquistado um lugar de destaque em relação à tomografia computadorizada convencional(19, 26).

Conclusão

A tomografia computadorizada de feixe cónico é uma tecnologia útil em várias áreas da medicina dentária entre as quais a implantologia, a endodontia, a ortodontia, a cirurgia oral e a reabilitação oclusal, uma vez que permite a obtenção de imagens equiparáveis às da tomografia computadorizada convencional, acarretando menores custos para o doente e expondo-o a menores doses de radiação. Graças ao formato e dimensão dos aparelhos, surge para eles um lugar numa clínica de medicina dentária.

Agradecimentos

Agradeço ao Sr. Prof. Doutor José Pedro Figueiredo pelo empenho mostrado na ajuda à realização deste trabalho e pelo interesse e motivação transmitidos durante o ano lectivo.

Um forte agradecimento aos meus Pais, José e Conceição, pelos valores transmitidos e pela forma como me educaram.

Por último (*at last but not least*) resta agradecer à minha colega e amiga Tânia Sebastião pela motivação transmitida e pelo apoio incondicional e dicas que me deu na realização do trabalho.

Referências bibliográficas

1. Etter LE. Some historical data relating to the discovery of the roentgen rays. *Am J Roentgenol Radium Ther.* 1946 Aug;56(2):220-31.
2. Pfeiffer P, Bewersdorf S, Schmage P. The effect of changes in head position on enlargement of structures during panoramic radiography. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2012 Jan-Feb;27(1):55-63.
3. Larheim TA, Svanaes DB. Reproducibility of rotational panoramic radiography: mandibular linear dimensions and angles. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1986 Jul;90(1):45-51.
4. Sukovic P. Cone beam computed tomography in craniofacial imaging. *Orthod Craniofac Res.* 2003;6 Suppl 1:31-6; discussion 179-82.
5. Swennen GR, Schutyser F. Three-dimensional cephalometry: spiral multi-slice vs cone-beam computed tomography. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2006 Sep;130(3):410-6.
6. Cohenca N, Simon JH, Roges R, Morag Y, Malfaz JM. Clinical indications for digital imaging in dento-alveolar trauma. Part 1: traumatic injuries. *Dent Traumatol.* 2007 Apr;23(2):95-104.
7. De Vos W, Casselman J, Swennen GR. Cone-beam computerized tomography (CBCT) imaging of the oral and maxillofacial region: a systematic review of the literature. *Int J Oral Maxillofac Surg.* 2009 Jun;38(6):609-25.
8. Guerrero ME, Jacobs R, Loubele M, Schutyser F, Suetens P, van Steenberghe D. State-of-the-art on cone beam CT imaging for preoperative planning of implant placement. *Clin Oral Investig.* 2006 Mar;10(1):1-7.
9. Cotton TP, Geisler TM, Holden DT, Schwartz SA, Schindler WG. Endodontic applications of cone-beam volumetric tomography. *J Endod.* 2007 Sep;33(9):1121-32.
10. Kapila S, Conley RS, Harrell WE, Jr. The current status of cone beam computed tomography imaging in orthodontics. *Dentomaxillofac Radiol.* 2011 Jan;40(1):24-34.
11. Hatcher DC. Operational principles for cone-beam computed tomography. *J Am Dent Assoc.* 2010 Oct;141 Suppl 3:3S-6S.
12. Mah P, Reeves TE, McDavid WD. Deriving Hounsfield units using grey levels in cone beam computed tomography. *Dentomaxillofac Radiol.* 2010 Sep;39(6):323-35.
13. Cho PS, Johnson RH, Griffin TW. Cone-beam CT for radiotherapy applications. *Phys Med Biol.* 1995 Nov;40(11):1863-83.
14. Daly MJ, Siewerdsen JH, Moseley DJ, Jaffray DA, Irish JC. Intraoperative cone-beam CT for guidance of head and neck surgery: Assessment of dose and image quality using a C-arm prototype. *Med Phys.* 2006 Oct;33(10):3767-80.

15. Khoury A, Siewerdsen JH, Whyne CM, Daly MJ, Kreder HJ, Moseley DJ, et al. Intraoperative cone-beam CT for image-guided tibial plateau fracture reduction. *Comput Aided Surg.* 2007 Jul;12(4):195-207.
16. Mozzo P, Procacci C, Tacconi A, Martini PT, Andreis IA. A new volumetric CT machine for dental imaging based on the cone-beam technique: preliminary results. *Eur Radiol.* 1998;8(9):1558-64.
17. Arai Y, Tammisalo E, Iwai K, Hashimoto K, Shinoda K. Development of a compact computed tomographic apparatus for dental use. *Dentomaxillofac Radiol.* 1999 Jul;28(4):245-8.
18. Baba R, Ueda K, Okabe M. Using a flat-panel detector in high resolution cone beam CT for dental imaging. *Dentomaxillofac Radiol.* 2004 Sep;33(5):285-90.
19. Tsiklakis K, Syriopoulos K, Stamatakis HC. Radiographic examination of the temporomandibular joint using cone beam computed tomography. *Dentomaxillofac Radiol.* 2004 May;33(3):196-201.
20. Gaia BF, Sales MA, Perrella A, Fenyo-Pereira M, Cavalcanti MG. Comparison between cone-beam and multislice computed tomography for identification of simulated bone lesions. *Braz Oral Res.* 2011 Jul-Aug;25(4):362-8.
21. Maret D, Molinier F, Braga J, Peters OA, Telmon N, Treil J, et al. Accuracy of 3D reconstructions based on cone beam computed tomography. *J Dent Res.* 2010 Dec;89(12):1465-9.
22. Kobayashi K, Shimoda S, Nakagawa Y, Yamamoto A. Accuracy in measurement of distance using limited cone-beam computerized tomography. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2004 Mar-Apr;19(2):228-31.
23. Yamamoto K, Ueno K, Seo K, Shinohara D. Development of dento-maxillofacial cone beam X-ray computed tomography system. *Orthod Craniofac Res.* 2003;6 Suppl 1:160-2.
24. Fortin T, Champlébois G, Bianchi S, Buatois H, Coudert JL. Precision of transfer of preoperative planning for oral implants based on cone-beam CT-scan images through a robotic drilling machine. *Clin Oral Implants Res.* 2002 Dec;13(6):651-6.
25. Vandenberghe B, Luchsinger S, Hostens J, Dhoore E, Jacobs R. The influence of exposure parameters on jawbone model accuracy using cone beam computed tomography and multi-slice computed tomography. *Dentomaxillofac Radiol.* 2012 Jan 26.
26. Sirin Y, Guven K, Horasan S, Sencan S. Diagnostic accuracy of cone beam computed tomography and conventional multislice spiral tomography in sheep mandibular condyle fractures. *Dentomaxillofac Radiol.* 2010 Sep;39(6):336-42.
27. Suomalainen A, Vehmas T, Kortensniemi M, Robinson S, Peltola J. Accuracy of linear measurements using dental cone beam and conventional multislice computed tomography. *Dentomaxillofac Radiol.* 2008 Jan;37(1):10-7.

28. Lagravere MO, Carey J, Toogood RW, Major PW. Three-dimensional accuracy of measurements made with software on cone-beam computed tomography images. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2008 Jul;134(1):112-6.
29. Tsutsumi K, Chikui T, Okamura K, Yoshiura K. Accuracy of linear measurement and the measurement limits of thin objects with cone beam computed tomography: effects of measurement directions and of phantom locations in the fields of view. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2011 Jan-Feb;26(1):91-100.
30. Panzarella FK, Junqueira JL, Oliveira LB, de Araujo NS, Costa C. Accuracy assessment of the axial images obtained from cone beam computed tomography. *Dentomaxillofac Radiol.* 2011 Sep;40(6):369-78.
31. Moshiri M, Scarfe WC, Hilgers ML, Scheetz JP, Silveira AM, Farman AG. Accuracy of linear measurements from imaging plate and lateral cephalometric images derived from cone-beam computed tomography. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2007 Oct;132(4):550-60.
32. Kumar V, Ludlow JB, Mol A, Cevitanes L. Comparison of conventional and cone beam CT synthesized cephalograms. *Dentomaxillofac Radiol.* 2007 Jul;36(5):263-9.
33. Oz U, Orhan K, Abe N. Comparison of linear and angular measurements using two-dimensional conventional methods and three-dimensional cone beam CT images reconstructed from a volumetric rendering program in vivo. *Dentomaxillofac Radiol.* 2011 Dec;40(8):492-500.
34. Tsiklakis K, Donta C, Gavala S, Karayianni K, Kamenopoulou V, Hourdakos CJ. Dose reduction in maxillofacial imaging using low dose Cone Beam CT. *Eur J Radiol.* 2005 Dec;56(3):413-7.
35. Ludlow JB, Ivanovic M. Comparative dosimetry of dental CBCT devices and 64-slice CT for oral and maxillofacial radiology. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2008 Jul;106(1):106-14.
36. Ludlow JB, Davies-Ludlow LE, Brooks SL. Dosimetry of two extraoral direct digital imaging devices: NewTom cone beam CT and Orthophos Plus DS panoramic unit. *Dentomaxillofac Radiol.* 2003 Jul;32(4):229-34.
37. Kajan ZD, Taromsari M. Value of cone beam CT in detection of dental root fractures. *Dentomaxillofac Radiol.* 2012 Jan;41(1):3-10.
38. Cohenca N, Simon JH, Mathur A, Malfaz JM. Clinical indications for digital imaging in dento-alveolar trauma. Part 2: root resorption. *Dent Traumatol.* 2007 Apr;23(2):105-13.
39. Tsurumachi T, Honda K. A new cone beam computerized tomography system for use in endodontic surgery. *Int Endod J.* 2007 Mar;40(3):224-32.

40. Alsufyani N, Flores-Mir C, Major P. Three-dimensional segmentation of the upper airway using cone beam CT: a systematic review. *Dentomaxillofac Radiol.* 2012 May;41(4):276-84.
41. Jung Y, Liang H, Benson B, Flint D, Cho B. The assessment of impacted maxillary canine position with panoramic radiography and cone beam computed tomography. *Dentomaxillofac Radiol.* 2011 Nov 24.
42. Sampaio Neves F, de Camargo Souza T, Maria de Almeida S, Haiter-Neto F, Queiroz de Freitas D, Norberto Boscolo F. Correlation of panoramic radiography and cone beam computed tomography findings in the assessment of the relationship between impacted mandibular third molars and the mandibular canal. *Dentomaxillofac Radiol.* 2012 Jan 26.