

# Tomografia computadorizada por feixe cônico: formação da imagem, indicações e critérios para prescrição

## Cone-beam computed tomography: Formation of the image, indications and selection criteria

Marcus Gustavo Silva Rodrigues<sup>1</sup>, Oswaldo Martín Villegas Alarcón<sup>1</sup>, Eliane Carraro<sup>2</sup>, Julierme Ferreira Rocha<sup>3</sup>, Ana Lúcia Álvares Capelozza<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Mestrando em Reabilitação Oral pela Faculdade de Odontologia de Bauru - Universidade de São Paulo (FOB-USP).

<sup>2</sup> Doutoranda em Patologia pela Faculdade de Odontologia de Bauru - Universidade de São Paulo (FOB-USP).

<sup>3</sup> Mestrando em Estomatologia pela Faculdade de Odontologia de Bauru - Universidade de São Paulo (FOB-USP).

<sup>4</sup> Prof<sup>a</sup>. Associada do Departamento de Estomatologia, Disciplina de Radiologia da Faculdade de Odontologia de Bauru - Universidade de São Paulo (FOB-USP).

### DESCRIÇÕES:

Radiografia Dentária. Tomografia Computadorizada Espiral. Tomografia Computadorizada de Feixe Cônico.

### Keywords:

Radiography Dental. Tomography Spiral Computed. Cone-Beam Computed Tomography.

### Resumo

O exame radiográfico é um meio auxiliar de diagnóstico imprescindível para diferentes especialidades da odontologia. O aumento da utilização pelo clínico de exames e técnicas mais modernas e precisas é evidente, visto a maior complexidade dos procedimentos odontológicos realizados, principalmente dentro da cirurgia e da implantodontia, onde grande parte da reabilitação protética é planejada e realizada a partir das informações obtidas nessas técnicas. Novos recursos tecnológicos minimizam a exposição do paciente às radiações ionizantes, diminuem o tempo cirúrgico e otimizam o pós-operatório. As técnicas radiográficas convencionais oferecem imagens limitadas a duas dimensões, e estruturas complexas e tridimensionais são sobrepostas e visualizadas em apenas dois planos. Além da sobreposição dessas imagens, é também frequente a ocorrência de distorções geométricas e volumétricas dos reparos anatômicos investigados. Apesar da tomografia computadorizada médica, espiral ou de feixe em leque oferecer imagens tridimensionais sem sobreposições, espera-se certa distorção inerente à menor especificidade da técnica e ao processo de obtenção de imagens divididas em pequenas fatias ou cortes. Diferentemente, na tomografia computadorizada por feixe cônico, a imagem é obtida através de um único escaneamento, permitindo que a imagem seja reformatada sem distorção e com uma menor exposição à radiação. Nesse sentido, o presente trabalho tem como objetivo apresentar essas duas tecnologias e revisar o processo de obtenção da imagem bem como suas indicações, vantagens, desvantagens e critérios para prescrição. Palavras-chave: Radiografia Dentária; Tomografia Computadorizada Espiral; Tomografia Computadorizada de Feixe Cônico.

### ABSTRACT

The radiographic techniques are essential assistant of diagnosis inside of the different dentistry specialties. The increase of the use of the examinations clinicians and more modern and accurate techniques is evident, seen the biggest complexity of the carried through dentistry procedures, mainly inside of the surgery and the implantodontology, where great part of the prosthetic whitewashing is, currently, planned and executed on the information gotten by the images, and the necessity of if searching safer, fast and less invasive treatments. Most of the conventional radiographic techniques offer limited images, a time that complex structures are overlapped and visualized in only two plans. Beyond the overlapping of these images, the occurrence of geometric and volumetric distortions of the investigated anatomical repairs is also frequent. Although the spiral or Fan-beam Computed Tomography offers three-dimensional images without overlapping, expects certain inherent distortion the lesser specificity of the technique and to the process of attainment of images divided in small slices. Differently, in the Cone-beam Computed Tomography, the image is gotten through a single scanning, allowing that the image is reformatated without distortion and with a lesser radiation exposition. In this direction, the present work has the objective to present these two technologies and to revise the process of attainment of the image, as well as its indications, advantages, disadvantages and criteria for lapsing.

### Endereço para correspondência

Julierme Ferreira Rocha - Faculdade de Odontologia de Bauru.  
Departamento de Estomatologia. Al. Dr. Octavio Pinheiro Brisolla, 9-75, Vila Universitária,  
Bauru - SP Brasil. CEP: 17012-901. Telefone: (14) 3235-825.  
E-mail: juliermerocha@hotmail.com

## INTRODUÇÃO

O exame radiográfico é um meio auxiliar de diagnóstico imprescindível para as diferentes especialidades da odontologia, apesar de as técnicas radiográficas intra e extraorais oferecerem imagens limitadas, visualizadas em apenas dois planos. Além da sobreposição dessas imagens, ocorrem pequenas distorções geométricas e volumétricas da imagem final. A possibilidade de obtenção de imagens em três dimensões com a tomografia computadorizada (TC) aumentou, sobremaneira, a capacidade de diagnóstico e planejamento odontológico.

A TC pode ser: helicoidal ou de feixe em leque (Fan-Beam Computed Tomography - FBCT) e por feixe cônico (TCFC). A imagem na FBCT é obtida em cortes axiais que são posteriormente armazenados e reconstruídos digitalmente, por meio pequenos pontos (pixels) que representam os valores atenuados dos tecidos.<sup>1,2</sup> O intervalo entre esses cortes é variável, de modo que a fidelidade das imagens aumenta, à medida que o intervalo diminui. Diferentemente, as imagens na TCFC são capturadas por uma única varredura do escaner e reconstruídas digitalmente em pontos tridimensionais ou voxels (pixel 3D), permitindo um exame mais rápido, preciso e com uma

menor exposição do paciente à radiação.

## REVISTA DA LITERATURA

### O PROCESSO DE OBTENÇÃO DAS IMAGENS

A FBCT foi desenvolvida na década de 70 e consiste de um método de diagnóstico radiográfico no qual a imagem produzida representa uma fatia ou corte de uma determinada estrutura do corpo. Esse tipo de tomógrafo, é composto por uma ponte ou "Gantry", que contém os sensores, colimadores, e a fonte de raios X; de uma mesa para o posicionamento do paciente e de uma estação de trabalho, onde se encontra o computador para o processamento dos dados e formação das imagens. Durante o exame, à medida que o paciente avança em direção ao gantry, os raios X em forma de leque giram em torno deste permitindo a aquisição de informações divididas em cortes ou fatias. Essa radiação X interage com o corpo sofrendo atenuações, de modo que a intensidade da radiação de saída é capturada pelos sensores do gantry, convertida em sinais elétricos que são enviados ao computador, onde múltiplas projeções serão processadas através de programas específicos e de cálculos matemáticos, que são remontadas e transformadas em uma matriz tridimensional (voxels), que contém as coordenadas espaciais da estrutura analisada nos planos axial, sagital e coronal e seus respectivos valores em unidades de Hounsfield (HU), na escala de cinza. Depois de terminado o processamento, as imagens podem ser reformatadas em qualquer um desses três planos, sem nenhuma sobreposição. É importante destacar que como o paciente é direcionado para o gantry durante o escaneamento em intervalos curtos e pré-determinados, há certa colimação do feixe de raios X, resultando na formação de pequenos "gaps", espaços entre os cortes, de modo que é esperada uma distorção final da imagem reconstruída pela formação de voxels anisotrópicos.

116

Os primeiros resultados referentes à TCFC na odontologia apareceram no final da década de noventa, em 1998, na Universidade de Verona, Itália.<sup>3</sup> Essa tecnologia utiliza um conjunto composto por um feixe de radiação com formato cônico e um receptor de imagens bidimensional, que gira em 360°, uma única vez, ao redor da cabeça do paciente. Diferentemente da FBCT, o exame se faz com o paciente sentado e com a cabeça em um gantry aberto (Fig. 1). Alguns aparelhos, como o 3-D Accuitemo® (J. Morita MFG. Corp., Osaka, Japan), emitem sinais luminosos que ajudam a posicionar melhor o paciente e também a calcular a dose de radiação de acordo com a densidade das estruturas que serão submetidas ao exame. De uma maneira geral, os exames são realizados em aproximadamente trinta segundos, dos quais somente cinco ou seis são utilizados para exposição à radiação X.<sup>3</sup> Durante o único giro do aparelho, são obtidas imagens bidimensionais em diferentes ângulos, as quais são enviadas ao computador e recompostas em uma imagem tridimensional inicial, a partir da qual se é possível obter reconstruções panorâmicas e cefalométricas (Fig. 2: A, B e C). Como as imagens são geradas a partir de um único escaneamento, não existe a formação de "gaps", ou seja, as imagens são compostas por voxels isotrópicos (altura = largura = profundidade) que resultam em imagens sem distorções e com maior nitidez<sup>4</sup>

### VANTAGENS E APLICAÇÕES DA TCFC

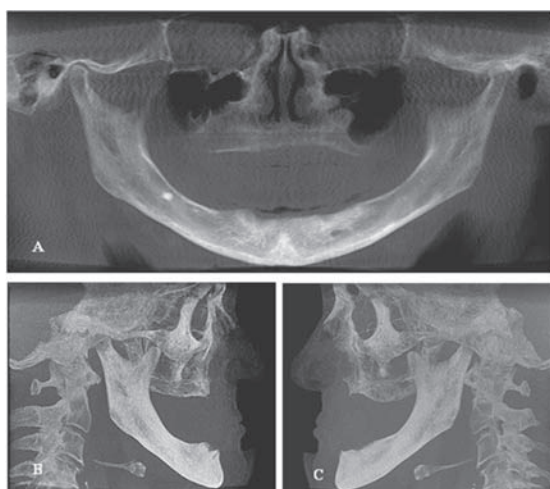
Como relatado anteriormente, as TCFC foram desenvolvidas especificamente para visualização e diagnóstico das estruturas dento-maxilo-faciais, permitindo a aquisição de

imagens tridimensionais com maior qualidade, de forma mais simples, rápida, com menor custo e dose de radiação ao paciente.<sup>5</sup> As principais vantagens da aquisição da imagem tomográfica pela tecnologia de feixe cônico são: 1) Reconstrução direta dos pontos radiografados por reconstruções axiais, coronais e sagitais sem reformatação; 2) Sofisticação tecnológica, em que a velocidade da totalidade do corte é controlada através de um programa eletrônico e não, por velocidade do tubo de raios X; 3) Mesmas condições de tempo de escaneamento, através de uma simples aquisição, diminuindo, sobremaneira, a dose de radiação e dispensando o mecanismo de cortes.

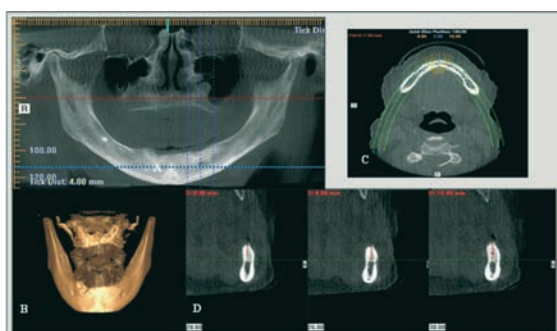
A TCFC pode ser aplicada nas diversas áreas da Odontologia, tais como: implantodontia<sup>5,6,7,8,9,10,11</sup> (Fig. 3 e 4), cirurgia<sup>5,8,12</sup>, traumatologia<sup>5,11,13,14</sup>, periodontia; endodontia<sup>15,16</sup>, ortodontia<sup>12,17,18</sup>; no estudo das estruturas ósseas das articulações temporomandibulares (ATM)<sup>8,15,19,20</sup>; odontopediatria; pacientes especiais e fissurados e para detecção de cáries.<sup>21</sup> Esse tipo de tecnologia permite a criação de protótipos, a realização de simulações cirúrgicas, análises cefalométricas e uma série de outros trabalhos sem a necessidade da presença física do paciente, oferecendo ao profissional a possibilidade de realizar um melhor diagnóstico bem como selecionar a terapia mais indicada para o caso.



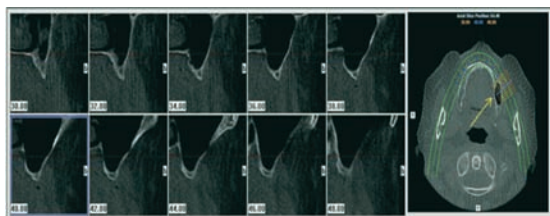
Figura 1: 3-D Accuitemo CBCT® (J. Morita MFG. Corp., Osaka, Japan).



**Figura 2:** A) Vista Panorâmica; B) Cefalométrica (perfil direito); C) Cefalométrica (perfil esquerdo). (i-CAT® - Imaging Sciences International, Hatfield, PA, USA).



**Figura 3:** Realização de TCFC pré-operatória para avaliação da quantidade e qualidade do osso residual e para identificação dos reparos anatômicos de maior interesse para o caso como seios maxilares, forame mental e canal da mandíbula. A) Vista panorâmica; B) Reconstrução 3-D da mandíbula; C) Vista axial da mandíbula; D) Vista coronal da região do forame mental do lado esquerdo. Notar a determinação da distância da crista do rebordo ao forame mental. (i-CAT® - Imaging Sciences International, Hatfield, PA, USA).



**Figura 4:** Cortes coronais da região posterior da maxila do lado esquerdo e vista axial da maxila. Notar a maior extensão do seio maxilar esquerdo em direção ao rebordo alveolar e a limitação óssea, inviabilizando a colocação de implantes na região posterior da maxila sem a reconstrução prévia. (i-CAT® - Imaging Sciences International, Hatfield, PA, USA).

## CRITÉRIOS PARA PRESCRIÇÃO

A indicação de determinado exame radiográfico deve estar pautada na necessidade individual de cada paciente, na queixa principal e nos achados clínicos. O exame radiográfico está indicado sempre que o exame clínico não for suficiente para elaboração do diagnóstico de um plano de tratamento adequado, respeitando sempre a experiência, bom senso e a capacidade de julgamento do profissional.

Independente do exame radiográfico prescrito, o tempo de exposição deve ser sempre o menor possível e consistente com a obtenção de imagem de boa qualidade. É fundamental que o exame transcorra de modo perfeito, do ponto de vista técnico-operacional, devendo a equipe estar bem treinada; e os aparelhos em bom estado, evitando a repetição de exames.

É inegável que o processo de obtenção de imagens das TCFC resulta em menor exposição dos pacientes à radiação, uma vez que o completo escaneamento da região de interesse é processado com um feixe de radiação em formato cônico, através da rotação em um ângulo de 360°. Estudos têm mostrado que a exposição à radiação com as TCFC corresponde a 20% da exposição gerada na FBCT e equivalente a uma série radiográfica periapical completa.<sup>22-25</sup> Segundo LUDLOW et al.<sup>26</sup>, a dose de radiação absorvida pelo paciente durante as TCFC é de 45  $\mu$ Sv, 135  $\mu$ Sv e 477  $\mu$ Sv para o NewTom-9000®(QR, Verona, Italy), i-CAT® (Imaging Sciences International, Hatfield, PA, USA) e Mercuray® (Hitachi Medical Systems America, Twinsburg, OH, USA), respectivamente. Essa diferença de absorção é ainda mais evidente, quando comparada com FBCT em que os valores variam de 364-1200  $\mu$ Sv no escaneamento da mandíbula e 100-3324  $\mu$ Sv na maxila.<sup>27</sup> Apesar desse avanço tecnológico e da qualidade da imagem obtida, as TCFC ainda levam a uma maior absorção da radiação, quando comparadas com alternativas mais simples de exames, como as radiografias periapicais (1-8.3  $\mu$ Sv), panorâmicas (4-30  $\mu$ Sv) e cefalométricas laterais (2-3  $\mu$ Sv), devendo ser prescritas com critério e em casos bem selecionados.<sup>27</sup>

Segundo FARMAN<sup>28</sup>, o princípio de ALARA (As Low As Reasonably Achievable) continua sendo atual para o diagnóstico e para prescrição de qualquer exame radiológico, de modo que o risco provocado pela exposição à radiação ionizante deve ser sempre confrontado pelo benefício em potencial desse exame para o paciente.<sup>19</sup>

## CONCLUSÃO

Apesar das vantagens e da melhor qualidade das imagens obtidas com as FBCT sobre as técnicas radiográficas convencionais, sua pouca especificidade aliada ao custo elevado e a maior exposição do paciente à radiação limitam sua utilização na Odontologia. As TCFC, por sua vez, proporcionam a obtenção e a reformatação das imagens em 3-D através de um único escaneamento da região, apresentando uma maior especificidade e acurácia no diagnóstico odontológico, com ausência de distorções, menores custos e exposição à radiação, mostrando-se uma tecnologia extremamente promissora e valiosa. Ainda que exista uma tendência mercadológica atual e um aumento crescente da utilização de tomografias, deve ficar claro para o clínico a importância das radiografias periapicais e panorâmicas para a elaboração do diagnóstico em clínica geral bem como os cuidados e critérios para prescrição de qualquer exame radiográfico, sempre considerando o custo-benefício da exposição do paciente às radiações ionizantes, estabelecendo protocolos adequados para cada avaliação.

## REFERÊNCIAS

01. Freitas A, Rosa JE, Souza IF. *Radiologia Odontológica*. 6. ed. São Paulo: Artes Médicas; 2004.
02. Kobayashi K et al. Accuracy in measurement of distance using limited cone-beam computerized tomography. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 2004; 19(2): 228-31.
03. Mozzo P, Procacci C, Tacconi A, Tinazzi P, Bergamo A. A new volumetric CT machine for dental imaging based on the cone-beam technique: preliminary results. *Eur Radiol*. 1998; 8(9): 1558-64.
04. Scarfe WC, Farman A, Sukovic P. Clinical applications of Cone-Beam Computed Tomography in dental practice. *J Can Dent Assoc*. 2006; 72(1): 75-80.
05. Quresby FA, Savell TA, Palomo M. Applications of cone beam computed tomography in the practice of oral and maxillofacial surgery. *J Oral Maxillofac Surg* 2008; 66(4): 791-6.
06. Araki K et al. Characteristics of a newly developed dentomaxillofacial X-ray cone beam CT scanner (CB MercuRayTM): system configuration and physical properties. *Dentomaxillofac Radiol* 2004; 33(1): 51-9.
07. Hatcher DC, Dial C, Mayorga C. Cone beam CT for pre-surgical assessment of implants sites. *J Calif Dent Assoc* 2003; 32(11): 825-33.
08. Honda K et al. Single air contrast arthrography for temporomandibular joint disorder using limited cone beam computed tomography for dental use. *Dentomaxillofac Radiol* 2004; 33(4): 271-3.
09. Lascala CA. Análise da confiabilidade de medidas lineares obtidas em imagens de tomografia computadorizadas por feixe cônico (CBCT-NEWTOM®). São Paulo, 2003 (Tese de Doutorado). São Paulo: Faculdade de Odontologia, Universidade de São Paulo; 2003.
10. Sato S et al. Clinical application of new cone-beam computerized tomography system to assess multiple two-dimensional images for the preoperative treatment planning of maxillary implants: case reports. *Quintessence Int* 2004; 35(7): 525-8.
11. Ziegler CM et al. Clinical indications for digital volume tomography in oral and maxillofacial surgery. *Dentomaxillofac Radiol* 2002; 31(2): 126-30.
12. Maki K et al. Computer-assisted simulations in orthodontic diagnosis and the application of a new cone beam X-ray computed tomography. *Orthod Craniofac Res* 2003; 6(1): 95-101.
13. Heiland M et al. Intraoperative 3D imaging of the facial skeleton using SIREMOBIL Iso- C3D. *Dentomaxillofac Radiol* 2004; 33(2): 130-2.
14. Schulze D et al. Radiation exposure during midfacial imaging using 4- and 16- slice computed tomography, cone beam computed tomography systems and conventional radiography. *Dentomaxillofac Radiol* 2004; 32(2): 83-86.
15. Patel S, Dawood A, Pitt-Ford T, Whaites E. The potential applications of cone beam computed tomography in the management of endodontic problems. *International Endodontic Journal*. 2007; 40(10): 818-30.
16. Cotton TP et al.: Endodontic applications of cone-beam volumetric tomography. *J Endod* 2007; 33(9): 1121-32.
17. Korbmacher H, Kahl-Nieke B, Schollchen M, Heiland M. Value of two cone-beam computed tomography systems from an orthodontic point of view. *J Orofac Orthop* 2007; 68(4): 278-89.
18. Kim S-H et al. Surgical positioning of orthodontic mini-implants with guides fabricated on models replicated with cone-beam computed tomography. *Am J Ortho Dentofacial Orthop* 2007; 131(4): S82-9.
19. Tsiklakis K, Syriopoulos K, Stamatakis HC. Radiographic examination of the temporomandibular joint using cone beam computed tomography. *Dentomaxillofac Radiol* 2004; 33(3): 196-201.
20. Honey OB et al. Accuracy of cone-beam computed tomography imaging of the temporomandibular joint: comparisons with panoramic radiology and linear tomography. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2007; 132(4): 429-38.
21. Haiter-Neto F, Wenzel A, Gottfredsen E. Diagnostic accuracy of cone beam computed tomography scans compared with intraoral images for detection of caries lesions. *Dentomaxillofac Radiol* 2008; 37(1): 18-22.
22. Mah J, Hatcher D. Three-dimensional craniofacial imaging. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 2004; 126(3): 308-9.
- 23- Kunihiro S, et al. Development of dentomaxillofacial cone beam X-ray CT system model CB MercuRay. *Medix*. 2002; 37:40.
24. Palomo JM, et al. Three-dimensional cone beam computerized tomography in dentistry. *Dent Today* 2006; 25(11): 130-5.
25. Sukovic P. Cone beam computed tomography in craniofacial imaging. *Orthod Craniofac Res* 2003; 6(Suppl. 1): 31-6.
26. Ludlow JB, Davies-Ludlow LE, Brooks SL, Howerton WB. Dosimetry of 3 CBCT devices for oral and maxillofacial radiology: CB Mercuray, NewTom 3G and I-Cat. *Dentomaxillofac Radiol* 2006; 35(4): 219-26.
27. Commission of European Communities. European guidelines on radiation protection in dental radiology. The safe use of radiographs in dental practice. (Online) 2004. Disponível em: [http://ec.europa.eu/energy/nuclear/radioprotection/publication/doc/136\\_en.pdf/](http://ec.europa.eu/energy/nuclear/radioprotection/publication/doc/136_en.pdf/). (2009 mar 25).
28. Farman AG. ALARA still applies. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2005; 100(4): 395-97.

Recebido para publicação: 08/07/09  
Aceito para publicação: 14/10/09