

Nielsen Vilela Massahud

**USO DE IMAGEM DE TOMOGRAFIA
COMPUTADORIZADA DE FEIXE CÔNICO
NA CEFALOMETRIA**

**Faculdade de Odontologia
Universidade Federal de Minas Gerais
Belo Horizonte
2010**

Nielsen Vilela Massahud

**USO DE IMAGEM DE TOMOGRAFIA
COMPUTADORIZADA DE FEIXE CÔNICO
NA CEFALOMETRIA**

Monografia apresentada ao Colegiado do Programa de Pós-graduação da Faculdade de Odontologia da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial para obtenção do grau de Especialista em Radiologia Odontológica e Imaginologia.

Orientadora: Prof.^a Mara Valadares de Abreu

Faculdade de Odontologia - UFMG

Belo Horizonte

2010

Agradecimentos

Aos meus Pais, simplesmente por tudo,

À querida Dani, pelo companheirismo e amor,

Aos professores Evandro Neves Abdo e Tânia Mara Pimenta Amaral, pelos ricos ensinamentos que contribuíram para minha formação,

A professora Mara Valadares de Abreu, pela disponibilidade e dedicação na orientação desse trabalho, e

Aos colegas do curso pela amizade e bons momentos que passamos.

RESUMO

O sistema de aquisição de imagem denominado de tomografia computadorizada de feixe cônico (TCFC) ou *cone beam* trouxe para a odontologia, em particular para a cefalometria novos recursos, inclusive o de ser feita tridimensionalmente. A TCFC pode gerar imagem em três dimensões e reconstrução sagital similar a uma telerradiografia. Esta nova modalidade de obtenção de imagem veio substituir a tomografia computadorizada convencional (TC) ou *fan beam*, que para a odontologia tem sido restrita, pois a TC se restringe a clínicas médicas e hospitais. A cefalometria que é realizada em telerradiografias é um exame auxiliar no diagnóstico e planejamento ortodôntico. Resume a complexidade das estruturas dentocraniofaciais dentro de um padrão geométrico em uma imagem bidimensional, e tem limitações como sobreposição de imagens de estruturas. Objetivamos nesse trabalho, através de uma revisão de literatura, atualizar e discutir sobre o emprego das imagens bidimensionais e tridimensionais de TC e TCFC para produzir cefalometria de forma tradicional ou tridimensionalmente, bem como comparar suas acurácias com as de cefalometrias feitas tradicionalmente em telerradiografias. A cefalometria realizada em imagens 2D e 3D de TCFC mostraram-se bem precisas. Mediante a necessidade de exame de TCFC a cefalometria pode ser feita de forma tradicional em imagens bidimensionais geradas de TCFC, evitando assim radiação adicional desnecessária ao paciente. Ainda é necessário que se estabeleça conceitos e padrões claros de execução da cefalometria tridimensional, para que a mesma possa ser rotina na clínica ortodôntica, pois ainda requerem mais estudos e treinamentos.

Palavras-chave: Tomografia computadorizada de feixe cônico, *cone beam*, cefalometria, ortodontia.

ABSTRACT

The image acquisition system called cone beam computed tomography (CBCT) or cone beam brought to dentistry, particularly for cephalometry new features, including three-dimensionally to be done. The CBCT can generate three-dimensional image reconstruction and sagittal similar to a cephalometric radiograph. This new mode of obtaining image replaces the conventional computed tomography (CT) or fan beam, which for dentistry has been limited because CT is restricted to medical clinics and hospitals. Cephalometry is held on cephalograms is an aid for diagnosis and orthodontic planning. Summarizes the complex structures dentomaxillofacial within a geometric pattern in a two-dimensional image, and has limitations as an image overlay structures. Our objective in this work, through a literature review, update and discuss the employment of two-dimensional images and three-dimensional CT cephalometry and CBCT to produce in a traditional way or three-dimensionally, and compare their accuracies with cephalometries traditionally made on cephalograms. Cephalometry performed in 2D and 3D images of CBCT proved to be very precise. By the need to take CBCT cephalometry can be done in traditional two-dimensional images generated from CBCT, thereby avoiding unnecessary additional radiation to the patient. It is still necessary to establish clear standards and concepts for implementing the three-dimensional cephalometry, so that it can be routine in the orthodontic clinic, they still require further studies and training.

Key Words: cone beam computed tomography, cone beam, Cephalometry, orthodontic.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 1 - Representação da técnica de feixe cônico	15
FIGURA 2 - Representação ilustrativa da captura da imagem nas técnicas TC e TCFC, da esquerda para direita	17
FIGURA 3 - Aparelhos de tomografia computadorizada cone beam: (a) NewTom 3G (Quantitative Radiology, Verona, Itália), (b) i-CAT (Imaging Sciences International, Hatfield, EUA), (c) CB MercuRay (Hitachi Medical Corporation, Kyoto, Japão) e (d) 3D Accuitomo (J Morita Mfg Corporation, Kyoto, Japão)	19
FIGURA 4 - A cabeça da criança ajustada ao suporte do cefalostato	28
FIGURA 5 - Simulação de imagem cefalometrica em A, imagem <i>scout</i> exportada; B, imagem base com tons de cinza invertidos; C, imagem <i>ray-sum</i> ; D, soma das imagem <i>ray-sum</i> com nitidez melhorada	34
FIGURA 6 - (a) Cefalograma virtual lateral e frontal ligado a superfície representativa 3D do crânio, (b) visão lateral da imagem cefalométrica	36
FIGURA 7 - (a) Visão frontal da imagem cefalométrica, (b) cefalograma lateral ligado a representação 3D da superfície de tecido duro do crânio com superposição dos pontos anatômicos referenciais	36
FIGURA 8 - (a) Cefalograma lateral ligado a representação 3D da superfície de tecido mole com superposição dos pontos de referência, (b) cefalograma lateral ligado a representação 3D da superfície de tecido duro do crânio com construção 3D dos pontos cefalométricos em tecido duro, (c) cefalograma lateral ligado a representação 3D da superfície de tecido mole crânio com a construção 3D dos pontos cefalométricos em tecido mole	37
FIGURA 9 - Seleção das imagens base da TCFC: 4 imagens bases das 306 que foram geradas a partir da aquisição com TCFC i-CAT. A , quadro 1, 1ª projeção de imagem base; B , quadro 75; C , quadro 152; D , quadro 306, última imagem base	38
FIGURA 10 - Exemplo de reconstrução 2D simulando a radiografia cefalométrica tipo <i>Ray-sum</i> . A-C , dados de imagens, e D-F , demonstração do crânio seco similar a imagem cefalométrica convencional que foi recebendo incrementos de cortes no plano sagital (da esquerda para direita) 0,4, 40 e 125 mm respectivamente	38
FIGURA 11 - Pontos e planos cefalométricos marcados na imagem 2D representativa de uma radiografia cefalométrica gerada de um crânio seco. As medidas (distâncias) lineares foram determinadas unindo os pontos: S-N, sela-násio; Ba-N, bácio-sela; N-M, násio-mento; ANS-N, espinha nasal anterior-násio; Pog-Go, pogônio-gônio; Go-M, gônio-mento; ANS-PNS,	

espinha nasal anterior-espinha nasal posterior; Po-Or, pório-orbitário; Go-Co, gônio-côndilo	39
FIGURA 12 - A , Radiografia cefalométrica convencional, B e C , reconstrução sagital de TCFC do mesmo paciente: técnica <i>MIP</i> (B) e técnica <i>RayCast</i> (C)....	44
FIGURA 13 - A , radiografia cefalométrica convencional. B , reconstrução da imagem cefalométrica	45
FIGURA 14 - Um corte sagital da mandíbula mostrando o canal mandibular e demais estruturas. Nas imagens 4 e 11 é visível a superioridade em relação as demas. Essas duas imagens são do Accutomo	49

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - Dados técnicos do escaneamento da imagem	15
TABELA 2 - Quadro comparativo entre TC tradicional e a TC de feixe cônico	18
TABELA 3 - Especificações de aparelhos de TC feixe cônico aprovados para uso odontológico	20
TABELA 4 - Número (q) e porcentagem (%) dos problemas aparentes na TCFC e TC encontrados em um número total de dentes examinados (n). Comparação entre artefatos metálicos e incidência de duplo contorno, e comparação da qualidade da imagem de TCFC e TC (na junção esmalte-dentina, na junção dentina-polpa e espaço periodontal)	21
TABELA 5 - Marcas comerciais de aparelhos de TCFC	24
TABELA 6 - Média Equivalente Dose (μSv) e Dose Efetiva (μSv) em cada unidade	26

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

2D	-	Duas dimensões
3D	-	Três dimensões
BBO	-	Biblioteca Brasileira de Odontologia
BIREME	-	Biblioteca Regional de Medicina
Capes	-	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
DICOM	-	<i>Digital imaging and communications in medicine</i> (Comunicação de imagens médicas digitais)
FOV	-	<i>Field of View</i> (Campo de visão)
LILACS	-	Literatura Latino-americana e do Caribe em Ciências da Saúde
MEDLINE	-	Base de dados da literatura internacional em ciências da saúde
<i>MIP</i>	-	<i>Maximum intensity projection</i> (Projeção de máxima intensidade)
<i>Pixel</i>	-	<i>Picture Element</i> (Menor elemento de uma imagem digital)
<i>SciELO</i>		<i>Scientific Electronic Library Online</i> (Biblioteca Científica Eletrônica online)
TC	-	Tomografia computadorizada (convencional, <i>fan beam</i>)
TCFC	-	Tomografia computadorizada de feixe cônico
<i>Voxel</i>	-	<i>Volumetric Pixel</i> (Unidade de volume da imagem digital)
VTO	-	<i>Visual treatment objective</i> (Objetivo Visual do Tratamento Ortodôntico)

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	10
2	OBJETIVO	12
2.1	Objetivo geral	12
2.2	Objetivos específicos	12
3	METODOLOGIA	13
4	REVISÃO DE LITERATURA	14
4.1	Tomografia computadorizada de feixe cônico (<i>cone beam</i>) .	14
4.2	Cefalometria	28
4.3	Tomografia computadorizada e a cefalometria	30
5	DISCUSSÃO	52
6	CONCLUSÃO	57
	REFERÊNCIAS	58

1 INTRODUÇÃO

A tomografia computadorizada de feixe cônico (TCFC) acompanhada da constante evolução dos aparelhos e de seus programas de reconstrução e manipulação das imagens trouxe para a odontologia novos recursos e possibilidades de alteração do diagnóstico. Suas características especiais indicadas ao complexo dentomaxilofacial, menor tamanho do aparelho, menor dose de radiação, entre outras tem levado a uma aceitação e indicação pelos profissionais.

Na ortodontia esse novo método de aquisição de imagem fornece uma nova forma de mensurações craniométricas. A cefalometria, ferramenta útil para a ortodontia, desde sua padronização tem sido feita por ortodontista e radiologista em radiografias bidimensionais, de forma manual ou computadorizada, e com certas limitações.

Novos horizontes estão surgindo, uma cefalometria tridimensional pode ser realizada em imagens tridimensionais (volumétricas) geradas da TCFC. A possibilidade de avaliação cefalométrica dentária, esquelética e facial em terceira dimensão é recurso novo para o ortodontista. Para esta se tornar rotineira na ortodontia e até substituir a cefalometria tradicional ainda são necessários mais estudos, treinamentos, e estabelecer os padrões para se marcar pontos tridimensionalmente, e neste período de transição novos conceitos e paradigmas tendem a surgirem como relatou Noble *et al.* (2009).

São desafios às pesquisas esclarecer o quanto a cefalometria tridimensional é vantajosa para diagnóstico e planejamento ortodôntico, e conseqüentemente para o tratamento. Se a cefalometria tradicional feita em radiografias cefalométricas convencionais cairá em desuso, também é um questionamento importante a ser respondido pelos estudos.

Imagens bidimensionais similares as radiografias cefalométricas ou telerradiografias podem ser geradas pela TCFC e assim serem usadas para cefalometria como tradicionalmente se faz.

2 OBJETIVO

2.1 Objetivo geral

Estudar o uso de imagens de tomografia computadorizada de feixe cônico (TCFC) e tomografia computadorizada (TC) *fan beam*, na cefalometria através de revisão de literatura.

2.2 Objetivos específicos

- a) atualizar e auxiliar o profissional quanto ao uso da cefalometria tridimensional em imagens volumétricas (3D);
- b) Verificar a possibilidade e aplicabilidade de imagens bidimensionais (2D) similares a telerradiografia geradas de TCFC em cefalometria;
- c) Comparar acurácia de cefalometria obtida em imagens 2D e 3D de TCFC com a cefalometria tradicional feita em telerradiografia.

3 METODOLOGIA

Foi realizada busca pelo sistema de bibliotecas da Universidade Federal de Minas Gerais, portal de periódicos da Capes, BIREME, e *SciELO*. A pesquisa se restringiu a trabalhos publicados nas línguas portuguesa, inglesa, italiana e espanhola. Foram utilizadas as bases de dados LILACS, BBO e MEDLINE, com as palavras-chave: tomografia computadorizada de feixe cônico, *cone beam*, cefalometria, cefalometria tridimensional, e ortodontia. Um total de 94 trabalhos entre artigos, monografias, dissertações e teses foram adquiridos. Estes foram submetidos a leitura criteriosa, resultando em uma seleção de 67 trabalhos que formaram as referências.

4 REVISÃO DE LITERATURA

4.1 Tomografia computadorizada de feixe cônico (*cone beam*)

Os exames por meios da tomografia computadorizada (TC) surgiram no início da década de 70 através dos pesquisadores Allan Cormack e Godfrey Hounsfield, o que lhes rendeu o prêmio Nobel de Medicina em 1979. Os primeiros aparelhos gastavam para escanear uma fatia da cabeça, cerca de 4 min e meio. Entretanto, os avanços tecnológicos, hoje, os aparelhos escaneam uma fatia do corpo humano em menos de 1 seg. Os sistemas de TC podem ser *singleslice* (detector único) ou *multislice* (multidetectors de radiação), espiral ou helicoidal. Por emitir radiação em forma de leque também pode ser chamada de TC *fan beam* (feixe em leque). A TC trata-se de um método que utiliza a radiação X como as radiografias convencionais, porém geram imagens na proporção 1:1 e permite a reprodução de fatias do corpo humano nos planos espaciais. Isto nos permite uma visualização em camadas com boa definição, e por meio de processamento feito por programa de computador específico há a união desses cortes obtendo a imagem como um todo, volumétrica. (CAVALCANTI, 2010; BERNARDES, 2007; BROOKS, 1993; HOUNSFIELD, 1973).

Mozzo *et al.* (1998) publicaram os primeiros resultados preliminares de um novo aparelho gerador de imagem volumétrica para odontologia baseado em uma técnica denominada de *cone beam* (feixe cônico). Este novo aparelho, chamado de NewTom-9000[®], apresenta um sistema de tubo-detector que executa um único giro de 360° ao redor da cabeça do paciente emitindo feixe de radiação em forma de cone abrangendo toda área de interesse, diferente da tomografia computadorizada convencional (TC) cujo feixe é em forma de leque, *fan beam* (FIG. 1). Os autores concluíram através dos resultados preliminares que este novo tomógrafo revelava algumas vantagens: a alta qualidade das imagens tornando-as de grande valor para o diagnóstico e planejamento odontológico; a boa precisão geométrica; o tempo de

varredura curto com uma baixa dose de radiação em relação à TC, cerca de 1/6 da mesma; a facilidade operacional da máquina; e um menor custo-benefício. Estas características tornava-o adequado à centros de radiodiagnósticos odontológicos, principalmente para a área implantodôntica (TAB. 1).

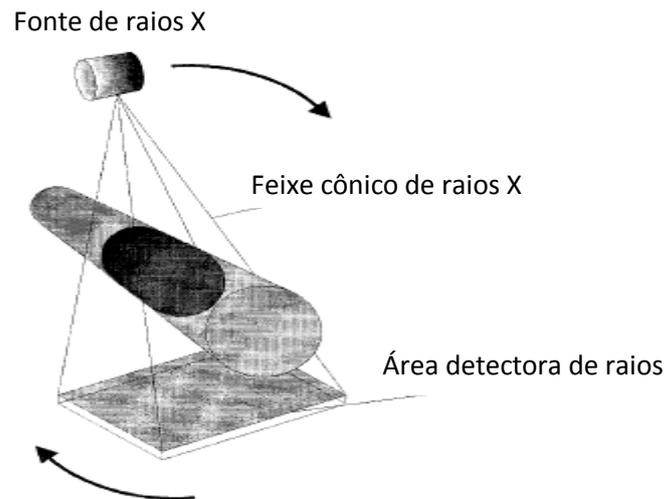


FIGURA 1 - Representação da técnica feixe cônico
Fonte: Mozzo *et al.* 1998, p. 1559.

TABELA 1
Dados técnicos do escaneamento da imagem

Volume da reconstrução (\varnothing x h)	15 x 15 cm
Ângulo do escaneamento	360°
Tempo do escaneamento	70 s
Tempo de exposição efetiva	18 s
Feixe de raios X	Cônico e pulsado
Kv	110
mA (máx.)	15
mA / escaneamento	100
Área receptora de raios X	400 cm ² e 262.000 <i>pixels</i>
Resolução espacial	0,3 mm nos eixos x, y e z

Fonte: Mozzo *et al.* 1998, p. 1559.

A tomografia computadorizada de feixe cônico (TCFC) como um novo método de diagnóstico por imagem na odontologia oferece algumas vantagens em relação à tomografia computadorizada convencional (TC): limitação do feixe de radiação para área de interesse do complexo dentomaxilofacial; menor dose de radiação ao paciente; boa acurácia da imagem, pela característica de possuir *voxel* isotrópico, produzindo assim resolução submilimétrica, algumas vezes ultrapassando a TC *multislice*; rápido tempo de varredura, pois a TCFC adquire toda a imagem base em uma única rotação de 360° sobre a cabeça do paciente (FIG. 2); redução na geração de artefatos metálicos na imagem; menor custo financeiro; tamanho do aparelho menor, tornando específico para centros de radiologia odontológica (TAB. 2). Estão entre as aplicações citadas para ortodontia: avaliação e análise em imagens 2D; avaliação 3D de dentes retidos e sua relação com os vizinhos; avaliação do grau de reabsorção radicular; avaliação das inclinações dentárias, visualização das tábuas ósseas e sua relação com a movimentação dentária; avaliação de vias aéreas superiores; avaliação de sítios para inserção de mini-implantes; avaliação das dimensões transversais das bases ósseas; avaliação do movimento dentário com invaginação do seio maxilar; avaliação de modelos virtuais e medições do diâmetro mesio-distal para análise de discrepância dente-osso; e avaliações cefalométricas. O surgimento de novos conhecimentos gerados da visão 3D do crânio e da face reserva para o futuro bem próximas renovações de conceitos e paradigmas, assim como nos objetivos e planejamento ortodôntico (ACCORSI *et al.*, 2010; ABOUDARA *et al.*, 2009; CAPELOZZA FILHO *et al.*, 2005; CAPELOZZA FILHO *et al.*, 2008; DUDIC *et al.*, 2009; GARIB *et al.*, 2007; MATZENBACHER *et al.*, 2008; ROBERTS *et al.*, 2009; SCARFE *et al.*, 2006).

Neste novo método de aquisição de imagem com emissão da radiação por feixe cônico, o conjunto de dados é obtido a partir de projeções sequenciais durante a rotação do sistema tubo-detector ao redor do volume irradiado. Esses dados são processados por meios de programas de computador, formando a imagem final volumétrica. Após a reconstrução do volume total, são produzidas pelo computador, as imagens multiplanares reconstruídas em planos anatômicos (axial, coronal e sagital), e também em terceira dimensão. Neste processo são projetadas 360 imagens (uma por grau de rotação) que são unidas pelo programa que acompanha o aparelho, formando assim o modelo tridimensional da cabeça (CAVALCANTI, 2010).

Nakajima *et al.* (2005) realizaram um estudo com objetivo de demonstrar a utilização da tomografia computadorizada de feixe cônico (TCFC) no auxílio do diagnóstico e planejamento ortodôntico. Nos casos de impação dentária, as imagens de TCFC forneceram informações mais precisas que as radiografias convencionais, proporcionando uma melhor visualização do longo eixo do dente, condição da raiz, localização do dente e sua relação com estruturas adjacentes. Em casos de desordem na ATM visualizou-se com detalhes o côndilo. Concluíram que imagens de TCFC proporcionam ao profissional melhor capacidade de diagnosticar e planejar.

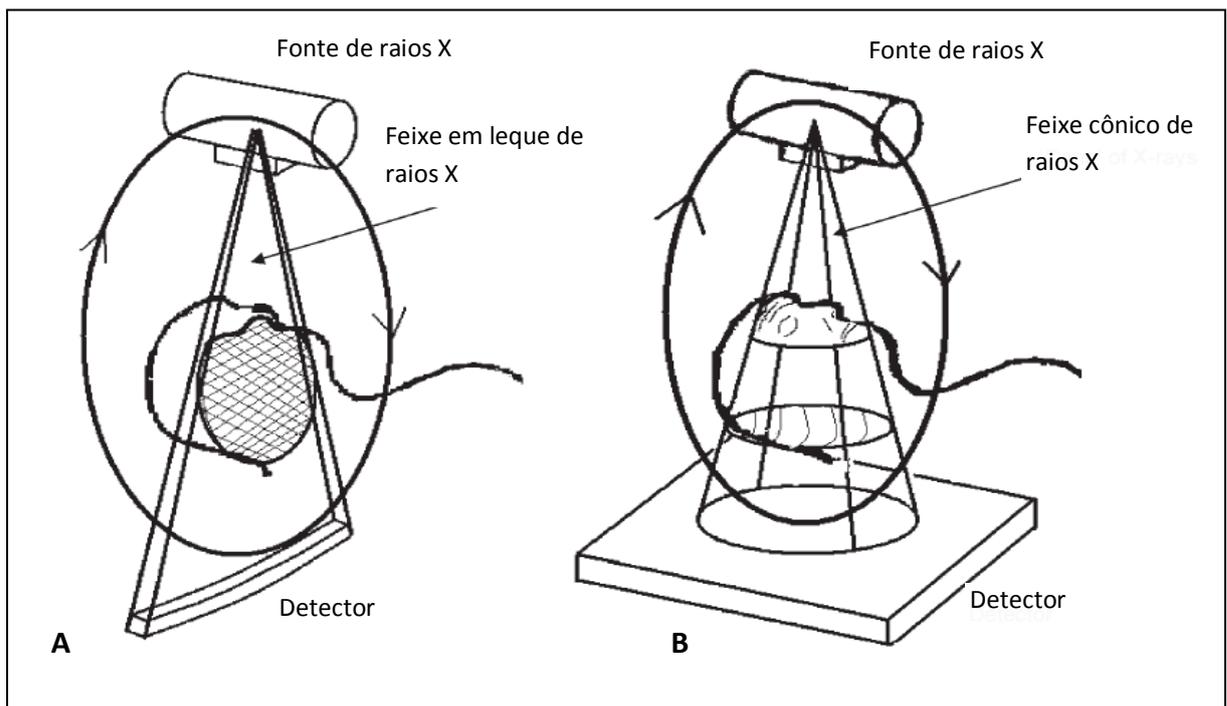


FIGURA 2 – Representação ilustrativa da captura da imagem nas técnicas TC (A) e TCFC (B).

Fonte: Kau *et al.*, 2005, p. 283.

TABELA 2
Quadro comparativo entre TC tradicional e a TC de feixe cônico

	TC tradicional	TC de feixe cônico
dimensão do aparelho	- grande - permite exame do corpo todo	- mais compacto - permite apenas exame da região de cabeça e pescoço
aquisição da imagem	- diversas voltas do feixe de raios-x em torno do paciente - cortes axiais	- uma volta do feixe de raios-x em torno do paciente - imagens base semelhantes à telerradiografia
tempo de escaneamento	-1 segundo multiplicado pela quantidade de cortes axiais necessários - exposição à radiação ininterrupta	- 10-70 segundos de exame - 3-6 segundos de exposição à radiação
dose de radiação	- alta	- menor, aproximadamente 15 vezes reduzida em relação à TC helicoidal
custo financeiro do exame	- alto	- reduzido
recursos do exame	- reconstruções multiplanares e em 3D	- reconstruções multiplanares e em 3D, além de reconstruções de radiografias bidimensionais convencionais
qualidade da imagem	- boa nitidez - ótimo contraste - validação das avaliações quantitativas e qualitativas	- boa nitidez - baixo contraste entre tecido duro e mole - boa acurácia
produção de artefatos	- muito artefato na presença de materiais metálicos	- pouco artefato produzido na presença de metais

Fonte: Garib *et al.*, 2007, p. 141.

Kau *et al.* (2005) frente ao crescente interesse dos ortodontistas em usufruir das vantagens das imagens tridimensionais como ferramenta para o diagnóstico, planejamento do tratamento e informação ao paciente, realizaram um estudo abordando as várias aplicações e características desta crescente tecnologia. Relataram haver atualmente quatro principais aparelhos fornecedores destas imagens no mercado mundial, relatados na FIG. 3: NewTom 3G[®] (Quantitative Radiology, Verona, Itália), i-CAT[®] (Imaging Sciences International, Hatfield, EUA), CB MercuRay[®] (Hitachi Medical Corporation, Kyoto, Japão) e o 3D Accuitomo[®] (J Morita Mfg Corporation, Kyoto, Japão). Estes aparelhos de tomografia computadorizada de feixe cônico (TCFC) apresentam algumas características próprias (TAB. 3). O NewTom 3G é uma evolução do 1º aparelho no mercado, o NewTom-9000. Nele as tomadas são feitas com o paciente deitado. O i-CAT, assim como os demais o paciente fica sentado, e por possuir um campo de visão (FOV) de 20 x 25 cm pode-se capturar imagem cefalométrica. As imagens obtidas são de qualidade, equivalentes às radiografias periapicais, panorâmicas, oclusais, e telerradiografias sem sobreposição do lado direito com o esquerdo, imagens das ATM's, com um número de aplicações clínicas considerável: análises cefalométricas,

avaliação de dente(s) impactado(s), análise das vias aéreas superiores, avaliação de espessura e volume do osso alveolar, e morfologia da ATM. Concluíram que são necessários muitos mais estudos e que o emprego dessa tecnologia já é uma realidade que veio para ficar.

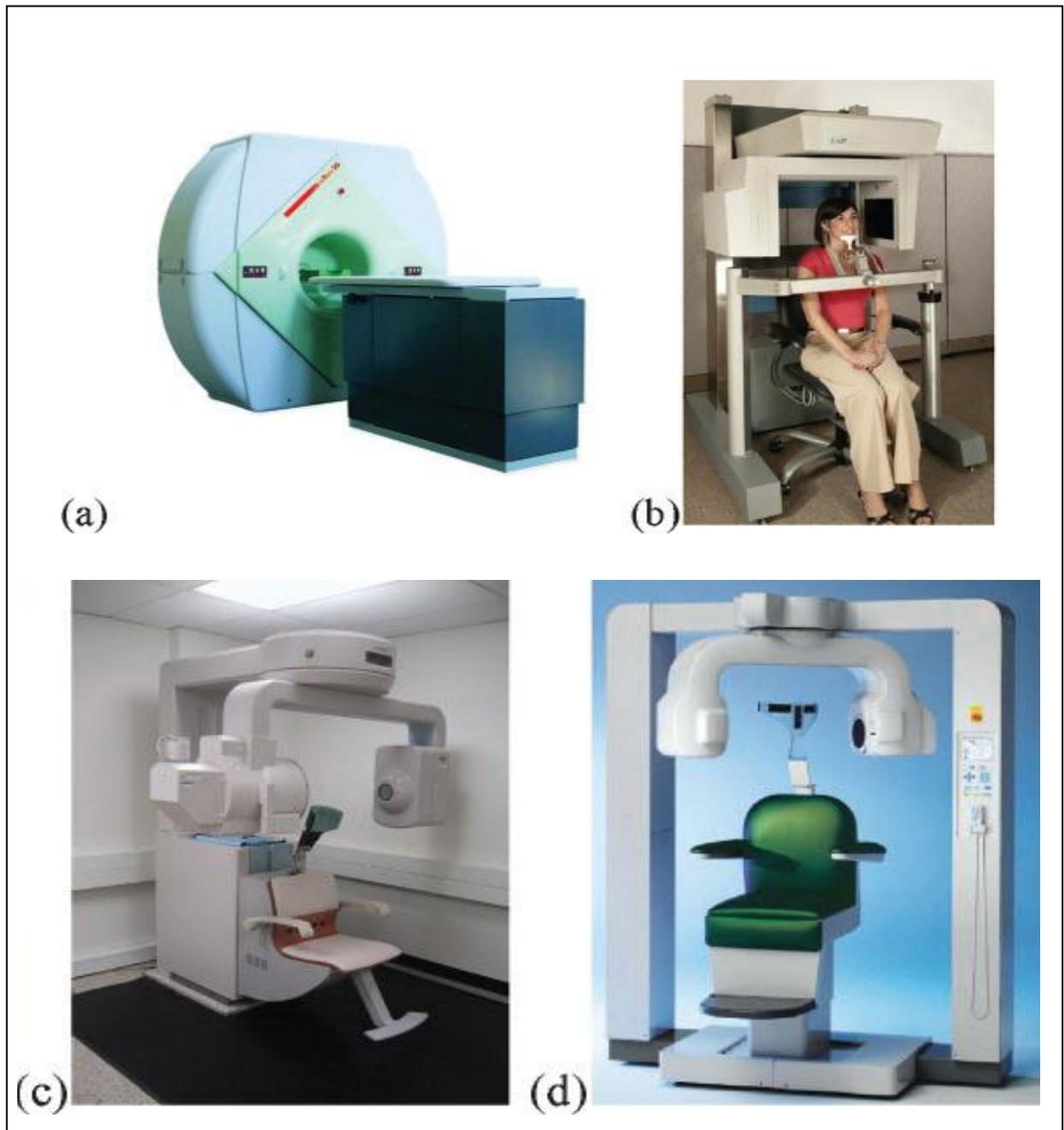


FIGURA 3 - Aparelhos de tomografia computadorizada cone beam: (a) NewTom 3G (Quantitative Radiology, Verona, Itália), (b) i-CAT (Imaging Sciences International, Hatfield, EUA), (c) CB Mercuray (Hitachi Medical Corporation, Kyoto, Japão) e (d) 3D Accuitomo (J Morita Mfg Corporation, Kyoto, Japão)

Fonte: Kau *et al.*, 2005, p. 284.

TABELA 3
Especificações de aparelhos de TC feixe cônico aprovados para uso odontológico

Marca	New Tom[®]	i-CAT[®] CB 3-D Dental Imaging System	CB MercuRay[®]	3D Accuitomo[®] XYZ Slice View Tomo.
Fabricação	Quantitative Radiology, Verona, Itália	Imaging Sciences Hatfield PA, USA	Hitachi Medical Co. Toquio, Japão	J Morita Man. Co. Kyoto, Japão
Modelo	NewTom 3G	i-CAT	MercuRay	MCT-1
Dimensões (média)	2000 x 2413 x 2000 mm	1040 x 1120 x 1830 mm	1840 x 1900 x 2250 mm	1620 x 1200 x 2080 mm
Peso	480 Kg	350 Kg	950 Kg	400 Kg
Voltagem do tubo	110 kVp	120kVp	60-12- kVp	60-80 Kvp
Corrente do tubo	15 mA	3-8 mA	10-15 Ma	1-10 mA
Tempo de escâner	36 s	10 – 40 s	10 s	17 s
Detector de imagem	CCD	Amorfo <i>flat panel</i> detector	CCD	CCD
Escala de cinza	12 bit	12 bit	12 bit	8 bit
Campo de visão – FOV	100 mm (6-inch) 150 mm (9-inch) 200 mm (12-inch)	250 (diâmetro) x 200 (altura) mm	102,4 mm (6-inch) 150 mm (9-inch) 190 mm (12-inch)	40 (diâmetro) x 30 (altura) mm
Tamanho do voxel	0,2-0,4 mm	0,2-0,4 mm	0,2-0,376 mm	0,125mm
Tempo de reconstrução	2 min	1,5 min	6 min	5 min
Preço sugerido	£ 146,000	£ 97,000	£ 159,400	£ 103,600
Site	www.qrverona.it	www.imagingsciences.com	www.hitachimed.com	www.jmotita.mfg.com

£ = Euro

Fonte: Kau *et al.*, 2005, p. 284.

Holberg *et al.* (2005) em virtude do aumento da freqüência do uso de tomografia computadorizada de feixe cônico (TCFC) na ortodontia, objetivaram em seus

estudos investigar a qualidade e precisão das imagens de TCFC (aparelho DVT 9000 da QR Verona, Itália) em comparação com tomografia convencional (TC) espiral (aparelho Light Speed Ultra da GE, Fairfield, EUA). Foram avaliadas imagens de 417 dentes e estruturas adjacentes, quanto à definição e qualidade de reprodução do espaço periodontal, raiz, interface esmalte-dentina, bem como produção de artefatos. Os resultados encontrados levaram os autores a concluir que ambas são adequadas para auxiliar no diagnóstico e planejamento em ortodontia, com destaque à TCFC que não gerou artefatos na imagem oriundos de materiais metálicos na cavidade bucal, e que também supera a TC por necessitar de menor dose de radiação para o exame odontológico (TAB. 4). Entretanto, não geram imagens tão satisfatórias para análises do espaço periodontal como a TC espiral, característica essa importante para visualizar anquilose e reabsorção radicular.

TABELA 4

Número (q) e porcentagem (%) dos problemas aparentes na TCFC e TC encontrados em um número total de dentes examinados (n). Comparação entre artefatos metálicos e incidência de duplo contorno, e comparação da qualidade da imagem de TCFC e TC (na junção esmalte-dentina, na junção dentina-polpa e espaço periodontal)

Região	DVT 9000			CT (<i>Light Speed Ultra</i>)		
	N	Q	%	N	Q	%
Artefatos metálicos	208	0	0	209	12	6
Duplo contorno	208	42	20	209	0	0
Esmalte-dentina difusa	208	96	46	209	18	9
Dentina-polpa difusa	208	91	44	209	21	10
Estruturas periodontais que não puderam ser avaliadas						
Terço cervical da raiz	208	174	84	209	31	15
Terço médio da raiz	208	173	83	209	46	22
Terço apical da raiz	208	187	90	209	50	24
Total	624	534	86	627	127	20

Fonte: Holberg *et al.*, 2005, p. 438.

Barros (2006) demonstrou através de um estudo de revisão da literatura, a aplicabilidade e precisão da tomografia computadorizada (TC) com reconstruções de imagens em três dimensões (3D) na odontologia. Concluiu que as imagens com reconstrução 3D é um importante método de localização e determinação da extensão de tumores, bem como avaliar a destruição óssea e auxiliar no planejamento e acompanhamento cirúrgico. Salientou ainda sua utilidade valiosa como exame complementar em avaliação de pacientes politraumatizados, portadores de anomalias craniofaciais, na odontologia forense, na craniometria e prototipagem. Esse último realizado com auxílio de avançados programas específicos de computador, onde o resultado final é um protótipo geralmente de resina, e que facilita o planejamento odontológico, principalmente em cirurgias reconstrutivas e implantodônticas.

Pinheiro (2008) realizou uma revisão de literatura para verificar a aplicabilidade da tomografia computadorizada de feixe cônico (TCFC) na odontologia. O autor concluiu em seu trabalho que a TCFC apresenta muita aplicabilidade na odontologia, com destaque para vantagens citadas: precisão na mensuração da altura e espessura óssea para planejamento em implantodontia; na ortodontia e cirurgia pode auxiliar na localização mais exata de dentes inclusos e sua possível associação com reabsorções radiculares de dentes adjacentes; localização e dimensão de patologias. Em relação ao aparelho de tomografia computadorizada convencional o aparelho de TCFC tem dimensões menores, menor custo financeiro, menor dose de radiação, que também foram citados como vantagens. Mesmo com tais vantagens o autor concluiu que não devemos excluir o uso das técnicas radiográficas convencionais, pois essas são importantes no auxílio ao diagnóstico.

Cavalcanti (2008) relata haver uma diferença importante entre a tomografia computadorizada de feixe cônico (TCFC) e tomografia computadorizada espiral *singleslice* ou *multislice* (TC espiral). Na primeira, a imagem do crânio é formada pelo aparelho como um todo, e o programa do computador realiza os cortes necessários, diferente da TC espiral, onde a imagem do crânio é adquirida em fatias e o programa executa a união entre as fatias para assim ter a imagem como um todo. Relatou ainda que devido ao princípio de aquisição da imagem e conformação do feixe cônico de radiação, os *voxels* das imagens de TCFC são de dimensões

diferentes (anisotrópicos) nos eixos espaciais x, y, z. O que segundo o autor justifica a maior resolução da TC espiral *multislice* quando comparada a TCFC. Foi citado como exemplos de aparelhos de TCFC: NewTom 3G[®] (QR-NIM SRL, Verona, Itália), Galileos[®] (Sirona Dental, Alemanha), 3D Accuitomo[®] (J.Morita MFG, Japão), i-CAT[®] (Imaging Sciences International, EUA), Implagraph[®] (Vatech, Coréia do Sul), Planmeca ProMax 3D[®] (Planmeca Ou, Finlândia) e Scanora 3D[®] (Soredex, Finlândia). Quanto a sua aplicabilidade na ortodontia, as radiografias convencionais ainda terão seu espaço na ortodontia, principalmente pelo baixo custo e logística favorável, sem contar que ainda é necessário maior entendimento das imagens de TC e cefalometria tridimensional que ainda é carente de referências consistentes no que tange odontologia baseada em evidências científicas (TAB. 5).

Howerton Junior e Mora (2008) relataram em seus estudos que a tomografia computadorizada de feixe cônico (TCFC) é uma tecnologia de imagem para diagnóstico que está mudando a forma do cirurgião dentista visualizar o complexo bucomaxilofacial. Os dados são em formato DICOM (*digital imaging and communications in medicine*) ou seja, formato específico para imagens na área da saúde, e estes dados em programas específicos permitem ao operador manipular, visualizar em vários planos e reconstruir tridimensionalmente as imagens. Destacaram, ainda a importância de se interpretar cuidadosamente e corretamente tais imagens para se obter as vantagens desta tecnologia e melhorar o diagnóstico, planejamento e consequentemente os resultados, em prol do paciente. No planejamento implantodôntico, cirurgias ortognáticas, avaliação ortodôntica e ortopédica facial, são algumas áreas que os autores associaram ao uso desta tecnologia de imagem. Concluíram que as radiografias bidimensionais ainda servem bem a odontologia por um futuro previsível. No entanto com o advento da TCFC trazendo, entre outras a vantagem de se visualizar por completo o complexo bucomaxilofacial, as chances de um melhor planejamento e tratamento se torna possível. Cada vez mais os centros de radiologia odontológica estão adquirindo a TCFC, assim os cirurgiões dentistas necessitam entender os benefícios desta tecnologia.

Table 1 Overview of the available CBCT scanners on the market

Name	Manufacturer	Patient position	Detector type	Scan dimension Øxh (mm) dimension (mm)	Scan time (s)	Exp. time (s)	Degree	Voltage (kV)	Current (mA)	Focal spot size (mm)	Year	Base size (cm)
NewTom 3G	Quantitative Radiology-srl, Verona, Italy	Supine	Image intensifier (6, 9, 12 inch) and CCD camera	200×200 150×150 100×100	36	5.4	360	110	< 10	0.5–1.5	1998 and 2004	200×250
3D AccuLumo	J. Morita Mfg, Kyoto, Japan	Seated	Image intensifier and CCD camera	40×30	18	–	360	60-80	1–10	0.5×0.5	2002	162×120
CB MercuRay	Hitachi Medical System, Singapore	Seated	Image intensifier (6, 9, 12 inch) and CCD camera	190×190	10	–	288	60–120	10–15	–	2002	196×190
HCAT	Imaging Sciences International, Hatfield, Pennsylvania, USA	Seated	Cesium-iodide scintillator and amorphous silicone flat panel	170×130 170×170*	20–40	–	360 360×2	120	3–8	0.5	2004	149×112
ILUMA	IMTEC Imaging, Ardmore, Oklahoma, USA	Seated	Cesium-iodide scintillator and amorphous silicone flat panel	170×100 190×190	< 40	–	360	120	4	0.3	2006	107×142
PROMAX 3D	Planmeca Oy, Helsinki, Finland	Vertical	Cesium-iodide scintillator and amorphous silicone flat panel	50×40 50×80 80×80	18	6	194	50-84	–	0.5	2006	–
3D AccuLumo FPD	J. Morita Mfg, Kyoto, Japan	Seated	Cesium-iodide scintillator and amorphous silicone flat panel	40×40 60×60	18	–	360	60-80	1–10	0.5×0.5	2007	162×120
GALILEOS	Sirona, Bensheim, Germany	Vertical	Image intensifier and CCD camera	150×150	< 15	–	>200	85	5–7	–	2006	–
NewTom VG	Quantitative Radiology-srl, Verona, Italy	Vertical/seated	Cesium-iodide scintillator and amorphous silicone flat panel	155×105	~24	3.6	360	110 (90)	< 15	0.3	2007	144×110
3D eXam	Kavo Dental, Biberach, Germany	Seated	Cesium-iodide scintillator and amorphous silicone flat panel	160×130 230×170	8.5–24	–	360	90–120	3–8	0.5	2007	120×110
Picasso Pro & Master	E-WOO Technology, Republic of Korea	Vertical/seated	Cesium-iodide scintillator and amorphous silicone flat panel	120×70 200×190 200×150	15–24	–	360	40-90	2–10	0.5	2005	180×170
Scanora 3D	Soredex, Helsinki, Finland	Seated	Cesium-iodide scintillator and amorphous silicone flat panel	60×60 100×75 145×75	10–20	2–5	–	65–85	0.5–8	0.4	2007	154×110
9000 3D	Kodak, Carestream Health, Rochester, New York USA	Vertical	Cesium-iodide scintillator and amorphous silicone flat panel	50×37	~14	–	360	60-90	2–15	0.5	2007	190×170
PreXion 3D	Terra Recon, San Mateo, California, USA	Seated	Cesium-iodide scintillator and amorphous silicone flat panel	81×76	19–37	–	360	90	4	0.2	2007	117×157

Ballrick *et al.* (2008) avaliaram a distorção e resolução espacial de imagens reconstruídas do aparelho de tomografia computadorizada de feixe cônico (TCFC) de nome comercial i-CAT (Imaging Sciences International, Hatfield, Pa, USA). Um aparato de acrílico personalizado com esferas de metal de 0,3 mm de diâmetro dispostas em três linhas (planos espaciais x, y, z) a 5 mm de distância umas das outras foi desenvolvido para avaliar a distorção e precisão das medidas nas imagens tridimensionais (3D). Não houve diferença estatisticamente significativa ($P < 0,01$) entre as imagens 3D para qualquer situação, em qualquer dimensão. Em comparação das medidas nas imagens e as realizadas por paquímetro diretamente no aparato obteve-se uma diferença estatisticamente significativa, porém a diferença absoluta foi menor que 0,1 mm, valor insignificante para a maioria das aplicações clínicas. A resolução espacial foi menor quando o tempo selecionado de varredura foi mais rápido e os tamanhos dos *voxels* foram os maiores. Concluíram que o aparelho i-CAT tem clinicamente medições precisas e resolução aceitável em todos os planos do espaço.

Bryant e Richmond (2008) estudaram a precisão espacial, qualidade de densidade e ruídos na imagem da tomografia computadorizada de feixe cônico (TCFC) em particular do aparelho i-CAT (Imaging Sciences Int. Inc., EUA). Cabeças artificiais (manequins) feitas de acrílico foram submetidas as tomadas de TCFC. As medições de precisão foram feitas por examinadores calibrados e mostraram precisão espacial dentro da margem tolerável de ± 1 *pixel*. Puderam concluir que a densidade e ruídos encontrados nas imagens de TCFC foram fortemente dependentes da espessura do corte tomográfico selecionado.

Silva *et al.* (2008) compararam as doses de radiação de um aparelho convencional de telerradiografia (Orthophos Plus Sirona) com de dois aparelhos de tomografia computadorizada de feixe cônico (TCFC), foram: aparelhos i-CAT e NewTom, e um aparelho de TC *multislice* (Somatom Sensation). A glândula tireóide recebeu a menor dose durante exame com aparelho de telerradiografia convencional (13,1 μSv), enquanto a pele do pescoço recebeu a maior dose durante o exame com aparelho de tomografia computadorizada *multislice* (15.837,2 μSv). De um modo geral a dose efetiva foi maior para o aparelho de tomografia computadorizada *multislice* (TAB. 6). Concluíram que do ponto de vista da radioproteção que os

exames de telerradiografias convencionais geram dose de radiação ao paciente muito baixa. Alertaram, que quando for necessário exame de tomografia computadorizada na ortodontia é preferível exame de TCFC, que gera menos dose de radiação ao paciente comparada ao TC *multislice*. Porém afirmaram ainda serem necessários mais estudos para justificar o uso rotineiro da TCFC na ortodontia.

TABELA 6
Média Equivalente Dose (μSv) e Dose Efetiva (μSv) em cada unidade

	NewTom 9000[®]	i-CAT[®]	Tele convencional	TC <i>multislice</i>
Osso medular*	946,8	1007,1	211,6	872,8
Cérebro	316,1	745,0	30,2	1488,9
Olho	472,8	1229,2	45,8	892,8
Glândula tireóide	232,4	124,3	13,1	1417,7
Glândulas salivares**	1552,7	1433,15	445,5	13009,7
Pele***	1427,0	963,0	190,1	9252,1
Dose efetiva	56,2	61,1	10,4	429,7

μSv = microsilvert

* Média do ramo da mandíbula e espinha cervical

** Média das glândulas submandibular e parótida

*** Média pescoço, filtro labial, parótida, e pele do nariz.

Fonte: Silva *et al.*, 2008, p. 640.e3.

Moerenhout *et al.* (2009) estudaram a precisão e a reprodutibilidade da imagem tridimensional (3D) da tomografia computadorizada de feixe cônico (TCFC). Uma cabeça de manequim de poliéster foi submetida a TCFC pelo aparelho i-CAT (Imaging Sciences International, USA), em seguida foram colocados marcadores de guta percha em orifícios localizados em pontos cefalométricos determinados na cabeça artificial, e nova tomada tomográfica foi executada. A distância entre os

pontos cefalométricos foi realizada no manequim via aparelho de medição óptica específico (Laser stripe scanning, Metriz N.V., Bélgica) e nas imagens de TCFC via programa de computador específico (Maxilim e Mimics, Materialise N.V., Bélgica). Os resultados levaram os autores a concluir que há alta precisão e reprodutibilidade na superfície de imagens 3D reconstruídas de TCFC, fornecendo confiabilidade em medições cefalométricas entre os pontos craniofaciais.

Merrett *et al.* (2009) apresentaram em seu trabalho cinco casos ortodônticos que após avaliação inicial com radiografias convencionais foi acrescentado exames de tomografia computadorizada de feixe cônico (TCFC) do aparelho i-CAT (Imaging Sciences International, Hatfield, EUA) com intuito de verificar se ocorreu uma melhora no diagnóstico e conseqüentemente alteração no plano de tratamento. As reconstruções multiplanares foram feitas pelo programa de computador SimPlant (Materialise, Bélgica). Nos casos de caninos impactados com planejamento entre tracionamento ou exodontia, segundo os autores as imagens da TCFC permitiram ao ortodontista avaliar melhor a exata posição do dente impactado, sua relação precisa com as estruturas próximas, o grau de reabsorção radicular dos dentes adjacentes, e a proximidade em três dimensões do dente impactado com os vizinhos. No caso de presença de odontoma, a TCFC permitiu ao ortodontista e ao cirurgião uma melhor localização e tamanho real do tumor antes de sua remoção, contribuindo para o procedimento cirúrgico em si e o pós-operatório. Nos casos de terceiros molares impactados a TCFC trouxe os benefícios da precisão do posicionamento do dente e da sua real proximidade e comprometimento com as raízes dos segundos molares. Concluíram que a TCFC é uma ferramenta muito útil para diagnóstico e planejamento em ortodontia, porém cabe ao ortodontista avaliar sua real necessidade, principalmente em casos que a radiografia convencional apresentar as informações necessárias, e que por se tratar de um assunto recente, ainda são necessários mais estudos para que a TCFC tornar-se popular e rotineira no meio ortodôntico.

4.2 Cefalometria

Broadbent (1931) publicou um artigo onde introduziu na ortodontia um aparelho cefalostado que padronizou as tomadas cefalométricas (telerradiografias). A cabeça do paciente é orientada a ficar sempre na mesma posição, com o plano sagital paralelo ao filme, o plano de Frankfurt (meato acústico externo – borda inferior da órbita) paralelo ao solo, e o feixe central dos raios X incidindo em ângulo reto com a cabeça do paciente, a uma distância de 5 *feet* (pés) equivalente a 152,4 cm (FIG. 4).



FIGURA 4 – A cabeça da criança ajustada ao suporte do cefalostato
Fonte: Broadbent, 1931, p. 57.

A padronização da técnica de obtenção da radiografia cefalométrica, também chamada de telerradiografia de perfil ou em norma lateral, permitiu que muitas análises cefalométricas pudessem ser desenvolvidas e publicadas. Permitiu ainda, estudos longitudinais de crescimento e desenvolvimento maxilofacial e estudo das maloclusões. Isto contribuiu valiosamente para o ortodontista no estabelecimento do diagnóstico, planejamento, e prognóstico dos casos, além de realização de

pesquisas e comunicação entre os profissionais (CAPELOZZA FILHO, 2004; PEREIRA *et al.*, 1998, VILELLA, 1998).

Entre os anos de 1940 e 1960 surgiram análises cefalométricas que contribuíram para a ortodontia, e que são referências até os dias de hoje tanto para o tratamento ortodôntico como para as pesquisas. Novas análises surgiram, e várias delas levaram o nome de seus pesquisadores, como: Bjork, Downs, Margolis, Tweed, Riedel, Steiner, Schwarz, Sassouni, Ricketts e Jarabak (INTERLANDI, 1999; PEREIRA *et al.*, 1998; VILELLA, 1998).

Moyers *et al.* (1991) relataram, que a cefalometria é uma técnica que consiste em resumir a complexidade da cabeça humana dentro de um padrão geométrico, utilizando-se de imagem de radiografia bidimensional, onde se confecciona o desenho, chamado de cefalograma ou traçado cefalométrico, que por sua vez deriva a análise cefalométrica. Nas análises as estruturas anatômicas são reduzidas a pontos determinados, que devem indicar forma e posição relativas das curvas. A união destes pontos gera “medidas” angulares e lineares que são comparadas a padrões da população, modelos e os próprios valores iniciais do paciente. Relataram ainda ser objetivo da cefalometria: descrever estrutura e crescimento; diagnosticar anomalias dentomaxilofaciais; prever desenvolvimento, planejar tratamento ortodôntico; e avaliar resultados do tratamento. Os autores previram ainda futuros avanços na cefalometria, novos conceitos e novas aplicações.

A cefalometria transcendeu a especialidade ortodôntica, tornando-se um exame complementar de diagnóstico importante para o planejamento tanto na ortodontia preventiva, interceptativa, corretiva ou cirurgia ortognática. Importante também durante a mecânica ortodôntica, como na avaliação das alterações no perfil facial em retrações de incisivos. O diagnóstico em ortodontia é um somatório de exames: o clínico, fotográfico, radiográfico complementar, modelos, e a cefalometria. Quando temos duas ou mais radiografias cefalométricas com suas cefalometrias, em diferentes espaços de tempo a avaliação torna-se dinâmica e mais enriquecedora. O que pode induzir ao erro é considerar a cefalometria como uma ferramenta única e primordial para o diagnóstico em ortodontia, mesmo porque ela é uma representação bidimensional de uma estrutura tridimensional, e as medições podem

ser passíveis de erros. (CAPELOZZA FILHO, 2004; MASSAHUD e TOTTI, 2004; PEREIRA *et al.*, 1998; VILELLA, 1998).

Gontijo (2006) após uma revisão de literatura concluiu em seu trabalho que a cefalometria é uma ferramenta que apresenta diversas aplicações. Ela é importante no diagnóstico e planejamento ortodôntico. Entretanto apresenta limitações devendo ser usada de forma correta, onde não se devem exigir mais do que este exame pode fornecer, como definir, localizar e quantificar uma desarmonia dento-esquelética facial.

Nos últimos anos houve um aumento da utilização da cefalometria ou das análises cefalométricas computadorizadas. Diversos programas de computador específicos para tal surgiram, onde o profissional pode capturar a imagem, realizar a marcação dos pontos cefalométricos e automaticamente o programa fornece as medidas com precisão, e estas podem ser impressas. As características das análises cefalométricas, suas normas, e padrões não se modificaram com a utilização do programa de cefalometria computadorizado, ganhou-se tempo de execução e ferramentas importantes como aproximação da imagem (*zoom* digital) para melhor visualizar a estrutura anatômica a ser marcada, alteração do contraste e brilho, e até simuladores ou visualizadores dos objetivos do tratamento (VTO de Ricketts) via cefalometria (PEREIRA, *et al.*, 1998; RICKETTS, 1972).

4.3 Tomografia computadorizada e a cefalometria

A tomografia computadorizada (TC) sempre esteve mais associada aos centros médicos e hospitais. Recentemente com o surgimento da TC de feixe cônico (TCFC) e conseqüentemente ao aumento do número de centros de radiologia e imagiologia odontológica que empregam esse aparelho, a cefalometria passa viver a possibilidade de ser executada em imagens 1:1 bidimensionais (2D, similares as cefalométricas convencionais laterais ou frontais) ou tridimensionais. Esta nova

técnica fornece imagens com qualidade superiores as convencionais, aumenta a capacidade de marcação os pontos cefalométricos bilateralmente, permite a manipulação e visualização seletiva dos tecidos duros ou moles de vários ângulos. Entretanto, são necessários mais treinamento, melhorias nos aparelhos e nos programas de processamento de imagens são necessários. Novos estudos científicos tem sido realizados para investigar melhor suas aplicações clínicas das imagens de TCFC na cefalometria, principalmente quanto à interpretação da imagem e marcação dos pontos em reconstrução volumétrica, que diferem das marcações habituais em radiografias convencionais (ACCORSI *et al.*, 2008; CAVALCATI, 2008; GARIB *et al.*, 2007; GRAUER *et al.*, 2009; ERICKSON, 2005; HALAZONETIS, 2005).

Cavalcanti e Vannier (1998) através de um estudo comparativo analisaram quantitativamente a acurácia e precisão de medições cefalométricas lineares realizadas em imagens bidimensionais (2D) e tridimensionais (3D) de tomografia computadorizada (TC) espiral. Nove cabeças de cadáveres humanos foram submetidos a TC espiral e geradas imagens 2D e 3D, onde três examinadores realizaram medições cefalométricas em tecidos duro e mole, via programa de computador específico (Cemax VIP versão 1.4, Fremont, EUA). Com um digitalizador eletrônico (3 Space, Polhemus Co., Colchester, EUA) os examinadores realizaram também as medições físicas ou seja, reais das cabeças, para comparação com medidas feitas nas imagens. Os resultados ($P < 0,05$) mostraram que nas imagens 2D sete das 28 medidas realizadas se mostraram significativamente diferentes das medidas físicas, e todas as medidas feitas nas imagens 3D não foram diferentes estatisticamente das medidas físicas. Concluíram que medições realizadas em imagens 3D de TC espiral são mais precisas quantitativamente.

Em sequência ao trabalho anterior, Cavalcanti *et al.* (1999) avaliaram a precisão de medidas lineares cefalométricas realizadas em tomografia computadorizada (TC) helicoidal (Toshiba Xpress S/X, Toshiba-American Medical System, Tustin, EUA). A amostra foi composta de nove cabeças de cadáveres humanos que foram submetidas a TC helicoidal. Examinadores realizaram medições nas imagens tridimensionais (3D) via programa de computador específico (Cemax VIP versão 1.4, Fremont, EUA) e também medições físicas nas cabeças através de um digitalizador

eletrônico específico (3 Space, Polhemus Co., Colchester, EUA). Os resultados não mostraram diferenças estatisticamente significativas para as medidas cefalométricas entre as imagens 3D da TC helicoidal e as medidas cefalométricas físicas ($P < 0,05$). A diferença média entre as medidas foi inferior a 2 mm. Concluíram que medições cefalométricas realizadas em reconstruções de imagens 3D de TC helicoidal são quantitativamente precisas, podendo ser usadas em planejamento cirúrgico e em avaliações de fraturas craniofaciais.

Adams *et al.* (2004) compararam imagens bidimensionais tradicionais (2D) e imagens tridimensionais (3D). Treze pontos anatômicos cefalométricos foram localizados e registrados em nove crânios humanos secos. Estes foram submetidos a tomadas radiográficas convencionais, para obtenção das telerradiografias laterais e frontais, e tomografias computadorizadas (TC) *multislice*. As distâncias entre os pontos cefalométricos foram medidas nos crânios secos (padrão ouro) por paquímetro digital de alta precisão (Pro Quality Precision Dial Caliper, EUA), e nas imagens 2D e 3D, por programas específicos de cefalometria. Os resultados mostraram maior variabilidade nos valores medidos nas imagens 2D em relação ao padrão ouro, variando de - 17,68 mm (subestimação da variável Gn-Zyg R, ponto Gnátio ao ponto Zigomático-temporal direito) a + 15,52 mm (superestimação da variável Zyg L-Zyg R, ponto Zigomático-temporal direito ao esquerdo). O método 3D revelou intervalo nos valores entre - 3,99 mm (subestimação) a + 2,96 mm (superestimação). Concluíram que o sistema 3D é mais preciso do que o 2D convencional, para medições cefalométricas, sendo assim torna-se uma ferramenta valiosa no diagnóstico, e na avaliação do crescimento craniofacial e dos efeitos do tratamento ortodôntico.

Cavalcanti *et al.* (2004) realizaram um estudo comparativo para verificar a acurácia e precisão de medições cefalométricas realizadas em imagens bidimensionais (2D) e tridimensionais (3D) de tomografia computadorizada (TC) espiral. Examinadores realizaram as medições cefalométricas lineares em 13 cabeças de cadáveres humanos via digitalizador eletrônico (3 Space, Polhemus Co., Colchester, EUA), ou seja medições físicas, e também mediram nas imagens 2D e 3D da TC espiral através de um programa de computador específico (Cemax VIP versão 1.4, Fremont, EUA). Os resultados mostraram não haver diferenças estatisticamente significantes

($P < 0,01$) para as medidas encontradas, seja intra ou interexaminadores, entre as medições físicas e nas imagens. A diferença média entre as medidas não ultrapassou 1,78%, levando os autores a concluir que existe precisão e acurácia nas medições lineares cefalométricas feitas em imagens de TC espiral, podendo assim, serem aplicadas em estudos e avaliações craniofaciais.

Lagravère e Major (2005) estudaram imagens de tomografia computadorizada de feixe cônico obtidas de 10 pacientes adolescentes com intuito de propor um ponto cefalométrico de referência para o uso destas imagens em análises cefalométricas tridimensionais. Indicaram o ponto médio entre os dois forames espinhosos, na base craniana, e o chamaram de ELSA. Concluíram que este ponto apresenta alta confiabilidade intraexaminadores, além de ser estável, pois sofre pouca influência do crescimento após os cinco anos de idade, sendo adequado para ser referência em análises cefalométricas com imagens volumétricas.

Farman e Scarfe (2006) desenvolveram critérios para seleção de imagem e procedimentos que se devem preceder a uma avaliação cefalométrica com tomografia computadorizada de feixe cônico (TCFC). Relataram que se pode obter imagem bidimensional cefalométrica (2D) da TCFC de três maneiras: a) usando o *scout*, que é uma imagem primária obtida lateralmente a cabeça do paciente, usada para verificar a posição do paciente na TCFC, similar a uma radiografia cefalométrica convencional; b) usando a imagem base, que é uma tomada lateral da cabeça com menos distorção entre os lados direito e esquerdo; c) ou manipulando os dados volumétricos obtidos no escaneamento da TCFC, sobrepondo os cortes sagitais, chamada de *Ray-sum* (FIG. 5). Concluíram que TCFC oferece oportunidade de reproduzir imagens 3D e 2D similares a cefalométrica convencional, e que podem ser usadas em programas de cefalometria, auxiliando ortodontista no diagnóstico cefalométrico com precisão, até que transcorra esta fase de transição para cefalometria tridimensional, que necessita de mais estudos para que se defina com mais clareza novos conhecimentos, conceitos e paradigmas.

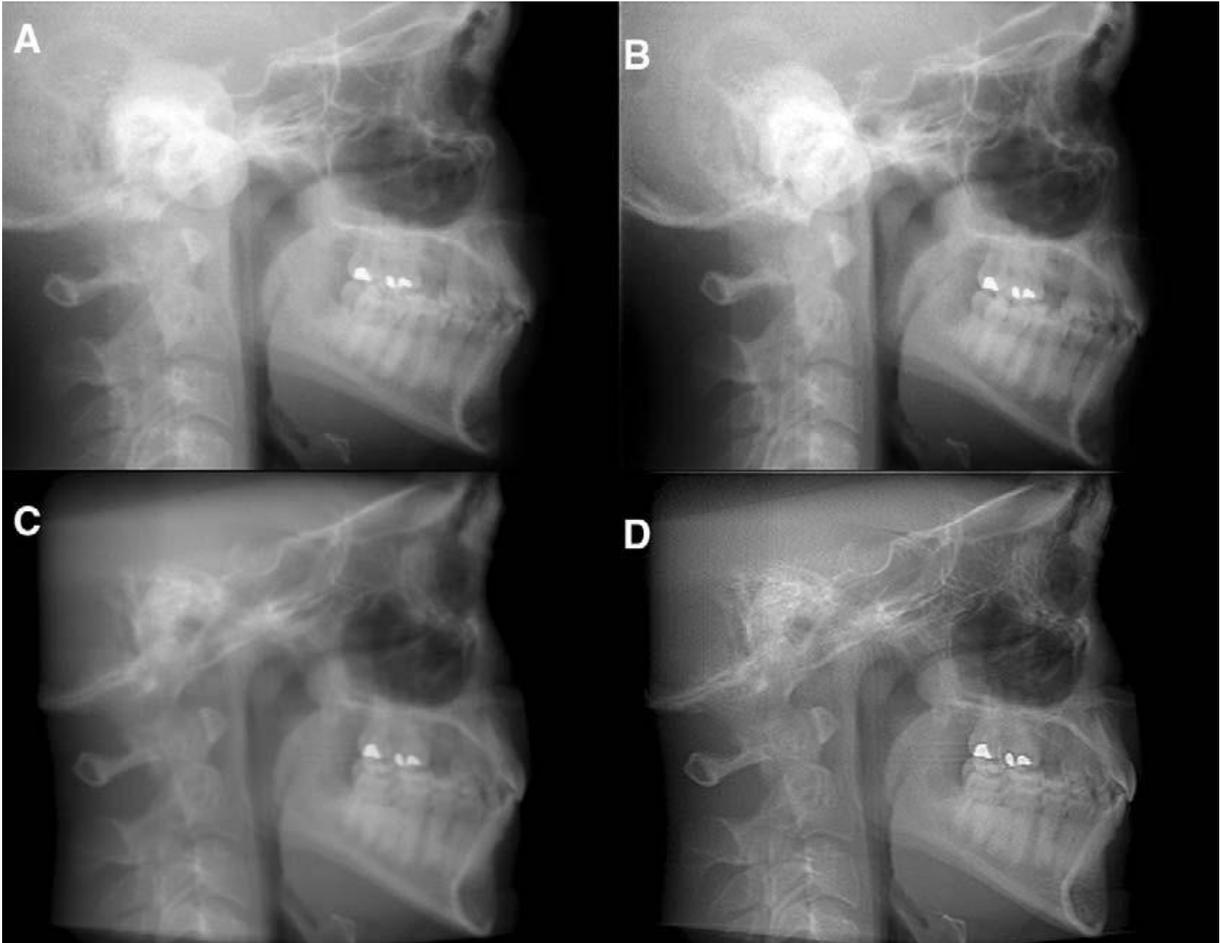


FIGURA 5 – Simulação de imagem cefalometrica em A, imagem *scout* exportada; B, imagem base com tons de cinza invertidos; C, imagem *ray-sum*; D, soma das imagem *ray-sum* com nitidez melhorada

Fonte: Farman e Scarfe, 2006, p. 260

Lagravère *et al.* (2006) realizaram um estudo com objetivo de propor a utilização de pontos cefalométricos para obtenção de planos padrões para orientação de análises em imagens tridimensionais (3D). Imagens de tomografia computadorizada de feixe cônico (TCFC) do aparelho NewTom 3G (Aperio, Verona, Itália) foram obtidas de 10 pacientes, onde quatro pontos foram determinados em cada imagem: a) ELSA (ponto médio entre os dois forames espinhosos, é marco zero das coordenadas x-y-z); b) e c) os pontos mais superior e lateral dos meatos acústicos externos direito e esquerdo; e d) ponto médio do dorso do forame *magnum*. Estabeleceram como plano de orientação axial-horizontal (eixo x-y) a união dos pontos dos meatos acústicos externos superiores direito e esquerdo, passando pelo ELSA, o plano de orientação sagital-vertical (eixo z-y) sai do ponto ELSA e passa pelo ponto médio do

dorso do forame *magnum*. Os resultados mostraram confiabilidade nos planos estabelecidos. Concluíram que com o uso destes planos de orientação o efeito de variação da posição da cabeça do paciente na tomada da imagem não influenciará o resultado da cefalometria em 3D.

Swennen e Schutyser (2007) estudaram as vantagens e desvantagens da cefalometria tridimensional (3D) de tomografia computadorizada (TC) espiral *multislice* e o potencial da tomografia computadorizada feixe cônico (TCFC) na cefalometria 3D. A cabeça do paciente foi escaneada e o programa de computador (GeForce4, Graphics Card) faz o processamento das imagens, no caso projeções ortogonais de tecido duro e mole para gerar imagem similar a cefalométrica (FIG. 6 a 8). A partir daí definiu-se com mais precisão os pontos S (sela túrcica) e N (násio) para formar a base anterior do crânio que será plano de referencia para o programa gerar as imagens 3D. As vantagens da cefalometria 3D de TC *multislice* encontradas pelos autores, foram: verdadeira representação volumétrica 3D dos tecidos duros e moles da cabeça; tamanho real 1:1; ausência de sobreposições de estruturas anatômicas; construção de cefalometria 3D biológica referência de análises das alterações craniofaciais em cortes longitudinais e transversais. Citaram como desvantagens: erros no posicionamento horizontal do paciente, quando deitado, que podem levar a falsa imagem do tecido mole facial; imagem com artefatos metálicos na oclusão; custo elevado; exposição a radiação X superior a outros exames com radiação X convencionais. Quanto a TCFC, seu potencial para realização de cefalometria 3D é grande, pois apresenta menor dose de radiação X ao paciente, produção de menos artefatos metálicos, o processo de varredura sendo vertical produz imagem de tecido mole facial mais natural e confiável; custo menor dos exames do que TC *multislice*, sendo assim com maior chance de se tornar rotineira. Concluíram que a cefalometria 3D de TC *multislice* tem qualidade, precisão e dados confiáveis, mas tende a se tornar rotina na ortodontia somente após a introdução da TCFC.

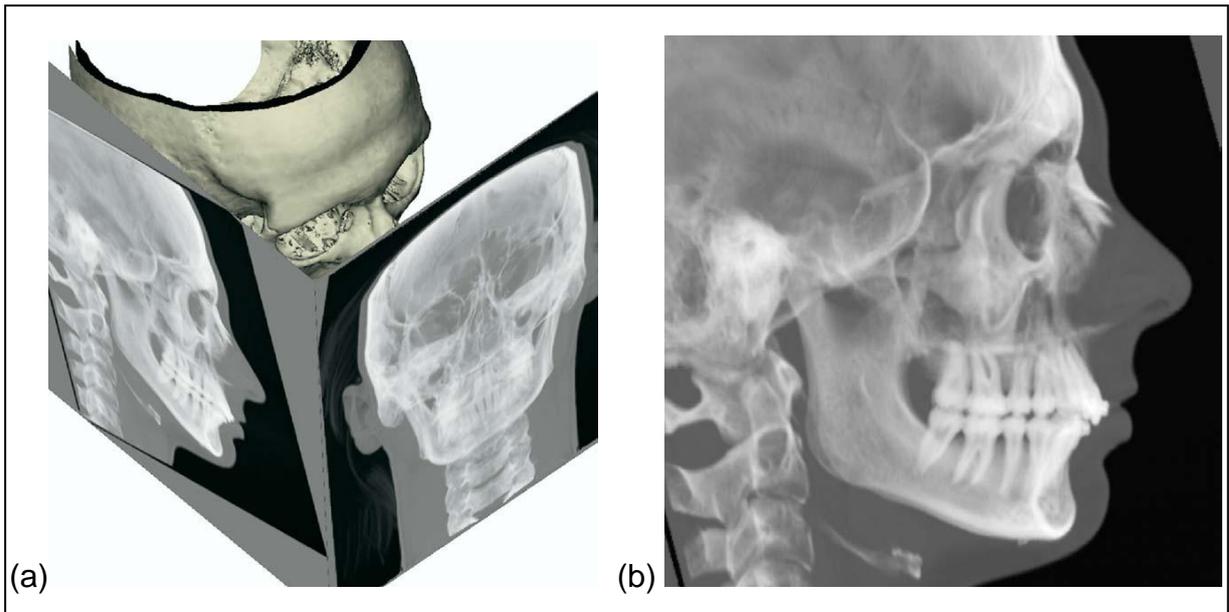


FIGURA 6 – (a) Cefalograma virtual lateral e frontal ligado a superfície representativa 3D do crânio, (b) visão lateral da imagem cefalométrica
 Fonte: Swennen e Schutyser, 2006, p. 411

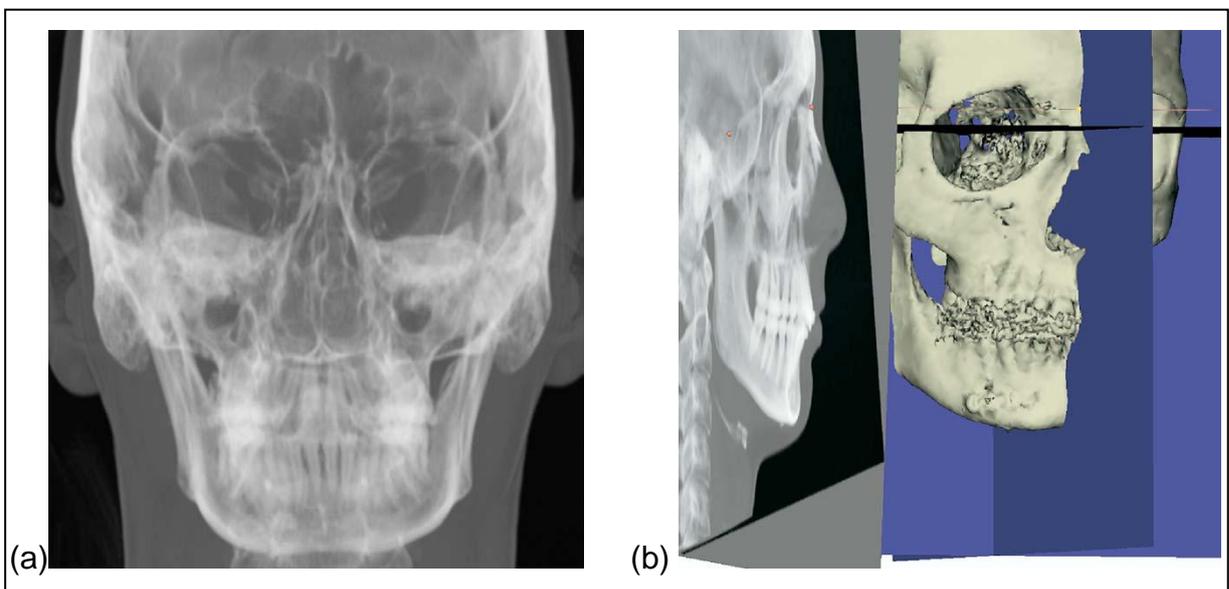


FIGURA 7 – (a) Visão frontal da imagem cefalométrica, (b) cefalograma lateral ligado a representação 3D da superfície de tecido duro do crânio com superposição dos pontos anatômicos referenciais
 Fonte: Swennen e Schutyser, 2006, p. 411

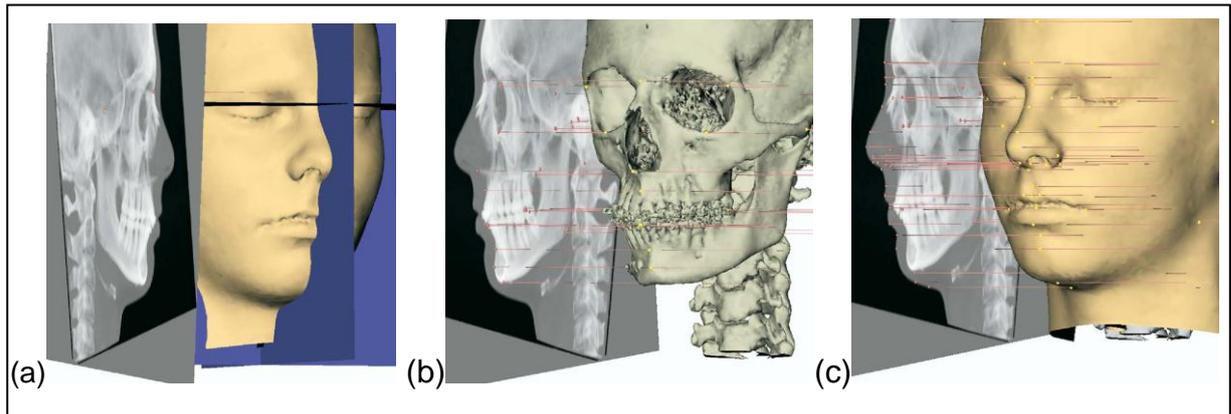


FIGURA 8 – (a) Cefalograma lateral ligado a representação 3D da superfície de tecido mole com superposição dos pontos de referência, (b) cefalograma lateral ligado a representação 3D da superfície de tecido duro do crânio com construção 3D dos pontos cefalométricos em tecido duro, (c) cefalograma lateral ligado a representação 3D da superfície de tecido mole crânio com a construção 3D dos pontos cefalométricos em tecido mole

Fonte: Swennen e Schutyser, 2006, p. 412

Moshiri *et al.* (2007) realizaram um estudo para comparar a precisão de medidas lineares feitas em telerradiografias laterais (cefalométricas – 2D) digitais com três métodos de simulação (reconstrução) de imagens cefalométricas obtidas de tomografia computadorizada de feixe cônico (TCFC). As seguintes distâncias (medidas lineares) S-N, Ba-N, M-N, ANS-N, ANS-PNS, Pog-Go, Go-M, Po-Or, e Go-Co foram registradas por dois examinadores diretamente em 23 crânios secos dentados (padrão ouro) por paquímetro eletrônico digital (27-500-90, GAC, NY, EUA), e via programa de cefalometria Dolphin (Dolphin Imaging Cephalometric, USA) em suas respectivas imagens de telerradiografia convencional pelo aparelho Quint Sectograph (Denar, EUA) e nos três tipos simulados da TCFC pelo aparelho i-CAT (*Imaging Sciences International*, Hatfield, EUA): *Ray-sum*, que é uma reconstrução volumétrica sobrepondo vários cortes sagitais para forma uma imagem mais espessa e com mais brilho; o *Scout*, que é a primeira imagem gerada para verificação do posicionamento da cabeça do paciente; e a Imagem Base, tomada lateralmente à cabeça do paciente (FIG. 9 a 11). Os resultados mostraram maior precisão para as medidas feitas nas imagens 2D da TCFC nos métodos *Ray-Sum* e Imagem Base, exceto para as medidas Pog-Go e Go-M. As telerradiografias laterais convencionais mostraram menor precisão para todas as medidas, exceto Po-Or e ANS-N ($P < 0,05$). Concluíram que imagens cefalométricas 2D simuladas de TCFC

mostraram ser estatisticamente precisas para medidas lineares no plano sagital, e que nenhuma vantagem foi verificada quando usada imagem tipo *Scout*.

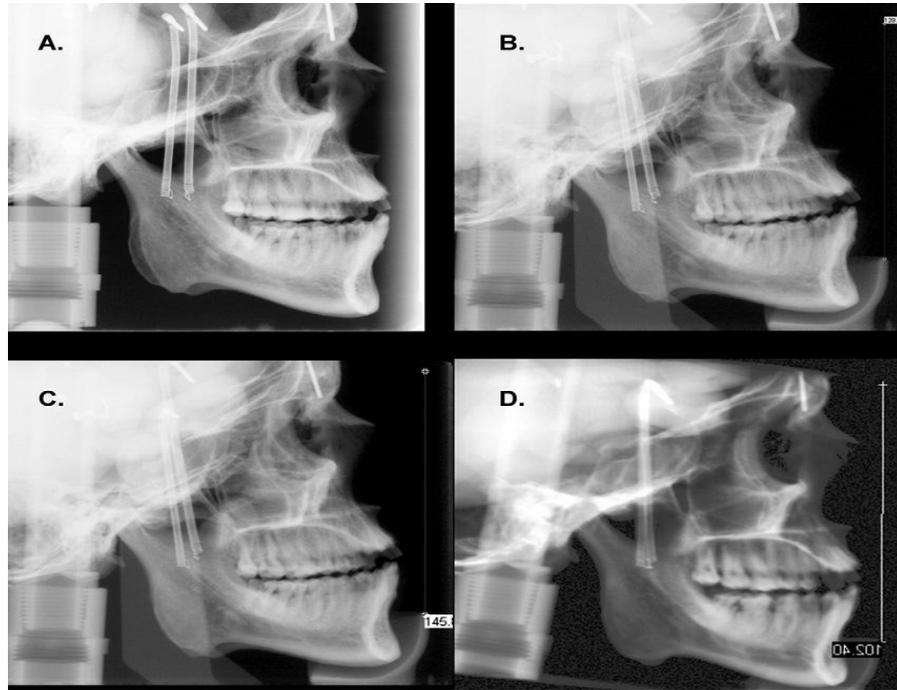


FIGURA 9 – Seleção das imagens base TCFC: 4 imagens bases das 306 que foram geradas a partir da aquisição com i-CAT. **A**, quadro 1, 1ª projeção de imagem base; **B**, quadro 75; **C**, quadro 152; **D**, quadro 306, última imagem base

Fonte: Moshiri *et al.*, 2007, p. 551.

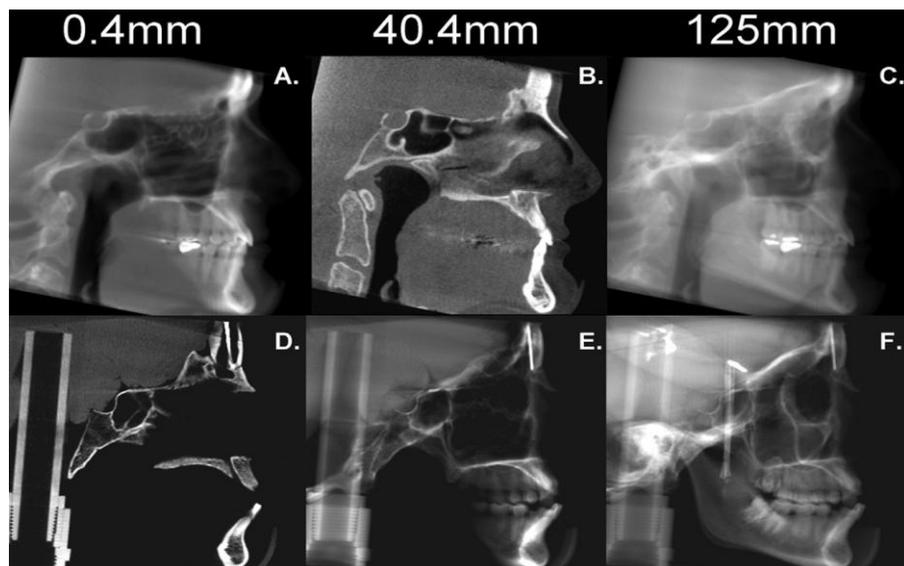


FIGURA 10 – Exemplo de reconstrução 2D simulando a radiografia cefalométrica tipo *Ray-sum*. **A-C**, dados de imagens, e **D-F**, demonstração do crânio seco similar a imagem cefalométrica convencional que foi recebendo incrementos de cortes no plano sagital (da esquerda para direita) 0,4, 40 e 125 mm respectivamente

Fonte: Moshiri *et al.*, 2007, p. 552.

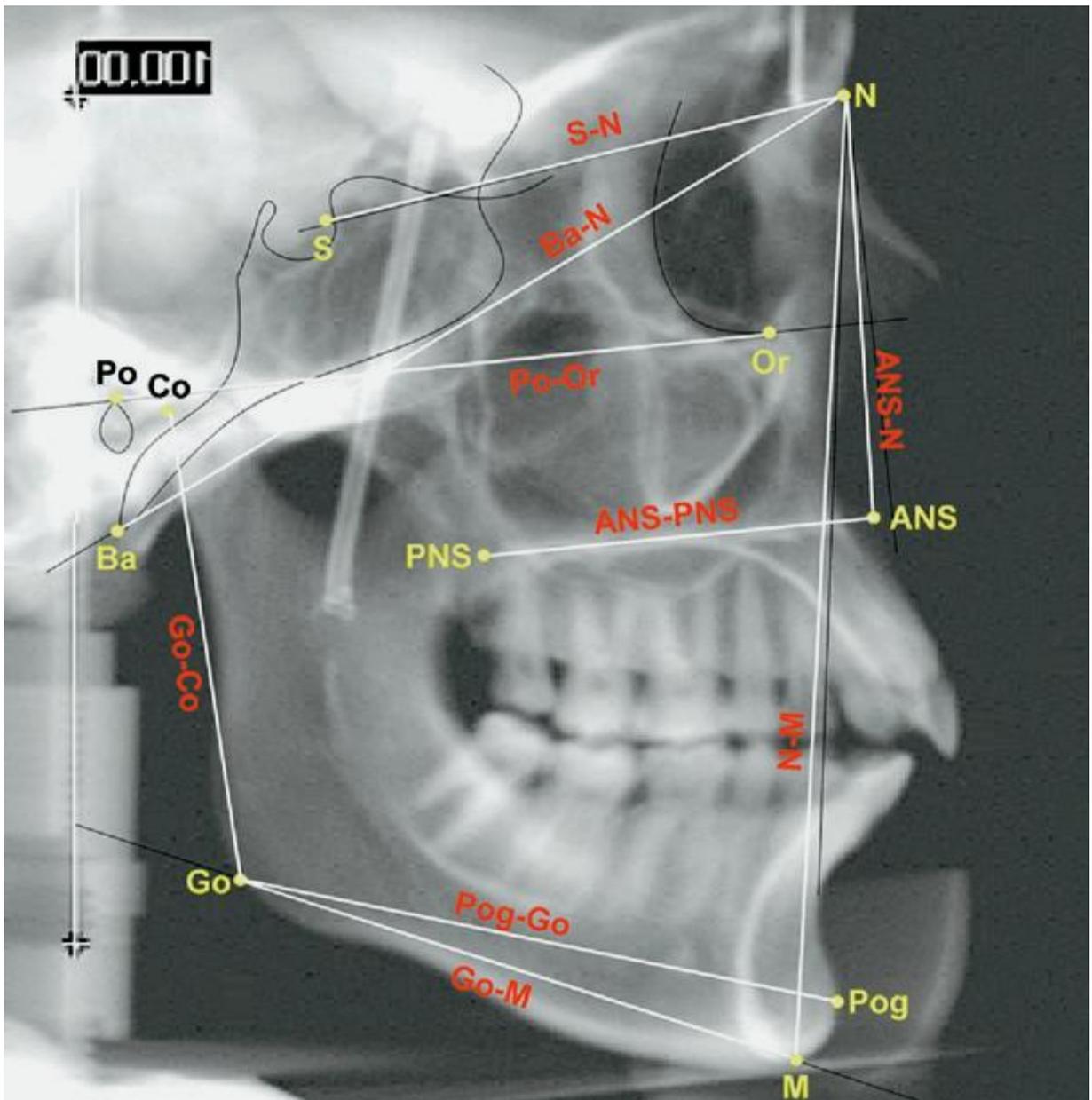


FIGURA 11 – Pontos e planos cefalométricos marcados na imagem 2D representativa de uma radiografia cefalométrica gerada de um crânio seco. As medidas (distâncias) lineares foram determinadas unindo os pontos: S-N, sela-násio; Ba-N, básiio-sela; N-M, násio-mento; ANS-N, espinha nasal anterior-násio; Pog-Go, pogônio-gônio; Go-M, gônio-mento; ANS-PNS, espinha nasal anterior-espinha nasal posterior; Po-Or, pório-orbitário; Go-Co, gônio-côndilo

Fonte: Moshiri *et al.*, 2007, p. 553.

Greiner *et al.* (2007) compararam a precisão da cefalometria óssea, dentária e em tecido mole facial realizada em telerradiografias digitais (aparelho Orthophos Plus

Ceph, Sirona Dental System, Alemanha) e em imagens reconstruídas de tomografia computadorizada espiral (TC - aparelho Somatom Sensatios 64, da Siemens AG Medical Solutions, Alemanha) tomadas de nove pacientes sem displasia craniofacial. Um programa específico gerou imagens cefalométricas semelhantes a telerradiografia (bidimensional) a partir da TC espiral, que juntamente com as telerradiografias digitais foram traçadas cefalometricamente por sete examinadores em um programa de cefalometria (Onyx Ceph 2.7, Image Inst. GmbH, Alemanha). Não apresentaram diferenças estatisticamente significativas ($P < 0,05$) para todas as medidas cefalométricas feitas nos dois tipos de exames. Concluíram que quando uma TC é necessária para um diagnóstico em ortodontia, é possível sim construir um cefalograma e cefalometria a partir dos dados da TC e estes podem ser analisados da mesma forma que em uma telerradiografia digital.

Junqueira (2007) comparou os resultados obtidos de cefalometrias realizadas em telerradiografias cefalométricas laterais convencionais, com digitais e com as geradas pela tomografia computadorizada de feixe cônico (TCFC) por aquisição volumétrica em norma ortogonal, tomadas distintamente em 35 pacientes. Foram utilizados dois programas cefalométricos específicos para a realização das análises de Ricketts, McNamara e Jarabak, com medidas lineares e angulares. Verificou-se que os resultados obtidos pelas medidas angulares apresentaram menor variabilidade, enquanto as medidas lineares somente na análise cefalométrica de McNamara obteve-se similaridade das variáveis. Observou-se que as técnicas radiográficas cefalométricas laterais convencionais apresentaram as maiores discrepâncias em relação à variável de referência. As análises cefalométricas realizadas pelo mesmo programa obtiveram os melhores resultados. Concluiu-se que para a obtenção de análises cefalométricas mais fidedignas deve-se utilizar um mesmo programa de avaliação. A cefalometria em imagens de TCFC obteve resultados de menor variabilidade que os demais.

Lopes *et al.* (2007) avaliaram medidas cefalométricas lineares em imagens reconstruídas em terceira dimensão (3D) pela técnica de volume, a partir de tomografia computadorizada (TC) *multislice* (Aquilon, Toshiba, EUA). O material da pesquisa constituiu de 10 crânios secos, que foram submetidos a TC *multislice* 16 cortes. Os pontos cefalométricos foram localizados e as medidas ósseas lineares

registradas por dois examinadores, em 3D através do programa Vitrea (Vital Images, EUA). Um terceiro examinador registrou as mediadas físicas (padrão ouro), diretamente no crânio seco, por meios de um paquímetro digital de alta precisão (Mitutoyo, Suzano, Brasil), e este foi considerado padrão ouro. Compararam assim as mediadas inter e intra-examinadores, em 3D, e entre estas e as medidas físicas obtidas do crânio seco. Não encontraram diferenças estatisticamente significantes ($P < 0,01$) entre os valores inter e intraexaminadores, nem entre as medidas em 3D e físicas. Concluíram que as mediadas cefalométricas lineares obtidas pela técnica de volume em 3D por meio de TC *multislice* foram consideradas precisas e de valia à ortodontia.

Accorsi (2007) seguindo a mesma linha de pesquisa e utilizando a amostra do estudo anterior de Lopes *et al.* (2007), comparou oito medidas cefalométricas lineares obtidas de telerradiografias em norma lateral e frontal com as obtidas em tomografia computadorizada (TC) *multislice*, e tendo como padrão ouro as medições feitas nos crânios humanos secos (medições físicas). Os dados da TC 3D sofreram reconstruções multiplanares para ficarem similares as imagens da telerradiografia convencional. As medidas obtidas (Dolphin, da Dolphin Imaging, EUA) por meio da 3D-TC apresentaram erros intra e interexaminadores estatisticamente insignificantes ($P < 0,01$). As medidas realizadas nas telerradiografias foram inacuradas, exceto para variável Co-Gn (ponto Condílio ao Gnátio). Concluiu o autor que a TC *multislice* fornece imagens que apresentam superioridade na acurácia de medições cefalométricas, tendo maior facilidade em localizar pontos anatômicos e cefalométricos reais.

Kumar *et al.* (2007) compararam medidas cefalométricas realizadas em três tipos de imagens obtidas de crânios secos: radiografia cefalométrica convencional (telerradiografia lateral), radiografia cefalométrica reconstruída da tomografia computadorizada de feixe cônico (TCFC) em norma ortogonal e em perspectiva (com 7,5% de magnificação). Os resultados das medidas cefalométricas obtidas nas imagens não mostraram diferenças estatisticamente significantes ($P < 0,05$), exceto para a variável FMA (ângulo entre o plano mandibular e o plano de Frankfurt), provavelmente devido à dificuldade de se padronizar e traçar corretamente o plano mandibular. Os valores cefalométricos obtidos na imagem cefalométrica da TCFC

em norma ortogonal estiveram mais próximos dos valores obtidos no crânio seco. Concluíram ser reproduzível imagem cefalométrica em TCFC, e a partir destas realizar cefalometrias com similar precisão.

Loubele *et al.* (2008) comparam os níveis de dose efetiva re radiação X para aplicações maxilofacial da tomografia computadorizada feixe cônico (TCFC) com os da tomografia computadorizada (TC) *Multislice*. A dose efetiva foi calculada usando dosímetros termoluminescentes nos aparelhos Accuitomo 3D, i-CAT, NewTom 3G (TCFC) e Somatorium VolumeZoom 4, Somation Sensation 16, Mx8000 IDT (TC *Multislice*). Os resultados mostraram as dose para TCFC (13 a 82 μSv) inferiores significativamente em relação a TC *Multislice* (474 a 1160 μSv). As doses foram mais baixa para os aparelhos Accuitomo 3D e i-CAT.

Periago *et al.* (2008) realizaram um estudo comparativo de medições cefalométricas lineares realizadas em imagens volumétricas (3D) de tomografia computadorizada de feixe cônico (TCFC) obtidas de 23 crânios humanos secos, com medidas feitas nos próprios crânios. Apenas um examinador, por três vezes, realizou 20 medições cefalométricas lineares (oito no plano sagital e 12 nos planos bilaterais) nas imagens 3D pelo programa Dolphin 3D versão 2.3 (Dolphin Imaging, EUA), e nos crânios através de paquímetro digital (27-500-90, GAC, EUA). Foram encontradas diferenças estatisticamente significantes ($P < 0,05$) entre os valores médios nas imagens 3D e os valores encontrados nos crânios secos para todas as medições exceto para variável no plano sagital Na-A (ponto násio da sutura fronto-nasal ao ponto A da maxila) e para seis das 12 variáveis no plano bilateral. 90% das diferenças médias foram inferiores a 2 mm exceto para Ba-ANS (ponto básio ao ponto espinha nasal anterior) e Pog-GoE (pogônio ao gônio, plano esquerdo). Embora a maioria das medidas realizadas nas superfícies volumétricas das imagens 3D de TCFC terem se diferenciado estatisticamente das medidas feitas no crânio, concluíram que clinicamente cefalometria é aceitável e podem ser realizadas em imagens 3D de TCFC.

Kumar *et al.* (2008) realizaram um estudo comparativo, *in vivo*, de cefalometrias executadas em radiografias cefalométricas laterais convencionais e em imagens cefalométricas reconstruída da tomografia computadorizada de feixe cônico (TCFC) em norma ortogonal e em perspectiva (com 7,5% de magnificação). Cada um dos 31

pacientes utilizados na pesquisa foi submetido aos dois exames de imagem. O programa Dolphin 3D versão 2.3 (Dolphin Imaging, EUA) gerou imagem cefalométrica lateral a partir da imagem tridimensional adquirida na TCFC. As medidas, tanto para tecido duro quanto mole, não tiveram diferenças estatisticamente significantes entre os métodos de exames ($P > 0,01$), exceto para o ângulo formado entre o Plano de Frankfurt e o Plano Mandibular (FMA), onde a diferença variou mais de 2° para esta medida. Concluíram que imagens cefalométricas laterais bidimensionais produzidas de TCFC podem ser utilizadas no lugar das cefalométricas convencionais, principalmente durante o período de transição da cefalometria bidimensional para a tridimensional. Destacaram ainda que mediante a indicação de exame de TCFC a cefalometria feita em imagem bidimensional reconstruída pode ser uma boa alternativa, reduzindo a quantidade de exames adicionais e conseqüentemente exposição do paciente aos raios X.

Cattaneo *et al.* (2008) relataram que a cefalometria é uma ferramenta importante para o planejamento ortodôntico. Como as análises cefalométricas tridimensionais ainda não estão bem estabelecidas objetivaram em seus estudos a comparação entre medidas cefalométricas oriundas de três tipos diferentes radiografias cefalométricas laterais: convencionais e dois tipos produzidas através de tomografias computadorizadas de feixe cônico (TCFC), pela técnica *MIP* (projeção de máxima intensidade) e pela técnica *RayCast* (soma dos *voxels*) visto na FIG. 12. Foram feitas tomografia radiográfica convencionais (Cranex, Soredex, Finlândia) e TCFC (NewTom 3G, QR, EUA) de 37 pacientes. Três operadores realizaram as medidas cefalométricas (Pordios, Dinamarca) da análise computadorizada de *Bjork* sobre os três tipos de imagens. Os resultados ($P < 0,05$) revelaram diferenças estatisticamente significantes interoperadores nas imagens convencionais, porém menores que seus desvios padrões aceitáveis. As medições realizadas nas imagens obtidas da TCFC técnica *RayCast* obtiveram as menores variações. Entre os três tipos de imagens não surgiu diferenças, levando os autores a concluírem que as radiografias sintetizadas da TCFC podem ser usadas para realizar as análises cefalométricas em substituição as convencionais, e que a técnica *RayCast* é superior a *MIP*.

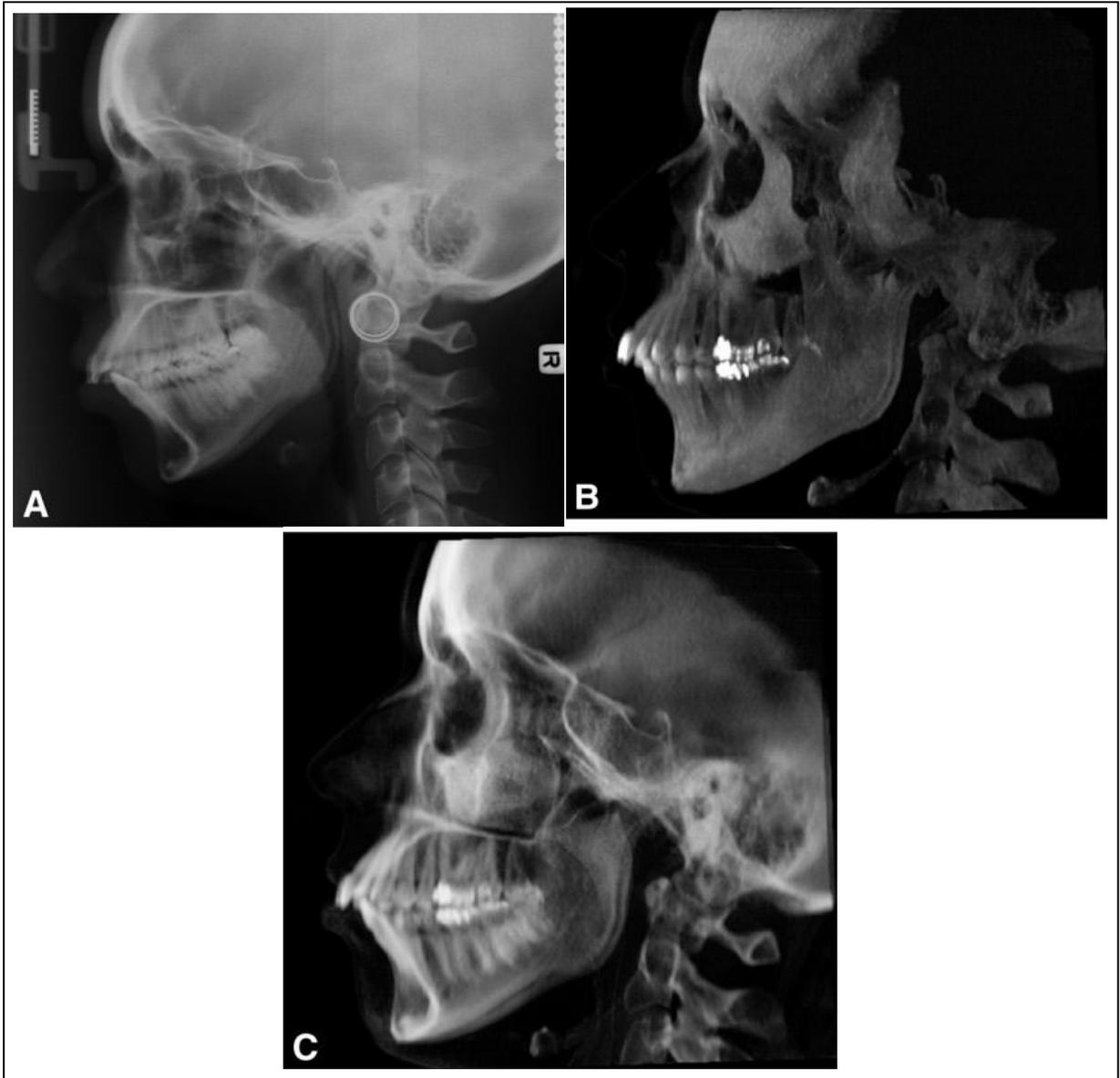


FIGURA 12 – **A**, Radiografia cefalométrica convencional, **B** e **C**, reconstrução sagital de TCFC do mesmo paciente: técnica *MIP* (**B**) e técnica *RayCast* (**C**)
 Fonte: Cattaneo *et al.*, 2008, p. 799.

Van Vlijmen *et al.* (2009) compararam medidas cefalométricas realizadas em radiografias cefalométricas convencionais e em tomografias computadorizadas de feixe cônico (TCFC), tiradas de 40 crânios secos. O programa *i-CAT Vision* reconstruiu imagens similares a radiografias cefalométricas convencionais (bidimensional) a partir da imagem tridimensional da TCFC (FIG. 13). As quatro medidas lineares e as 10 angulares realizadas nas 80 imagens pelo mesmo operador, cinco vezes em cada, em um intervalo de uma semana, através de um

programa de cefalometria computadorizada (*ViewBox*). Os resultados indicaram que intraoperador não houve diferença significativa entre as medidas ($P < 0,05$). Houve pequenas diferenças entre as medidas angulares. Apenas a diferença entre as medidas lineares A-Ar (ponto A da maxila ao ponto articular no côndilo) e Ar-Pog (ponto articular ao pogônio) foram consideradas estatisticamente significativas. Os autores concluíram que não existem diferenças clinicamente relevantes entre as medições cefalométricas realizadas em radiografias cefalométricas convencionais e em imagens reconstruídas a partir da TCFC, mesmo utilizando-se no estudo de crânios secos, ou seja sem tecidos moles. Relataram ainda a necessidade de mais estudos no intuito de desenvolver análises cefalométricas tridimensionais.

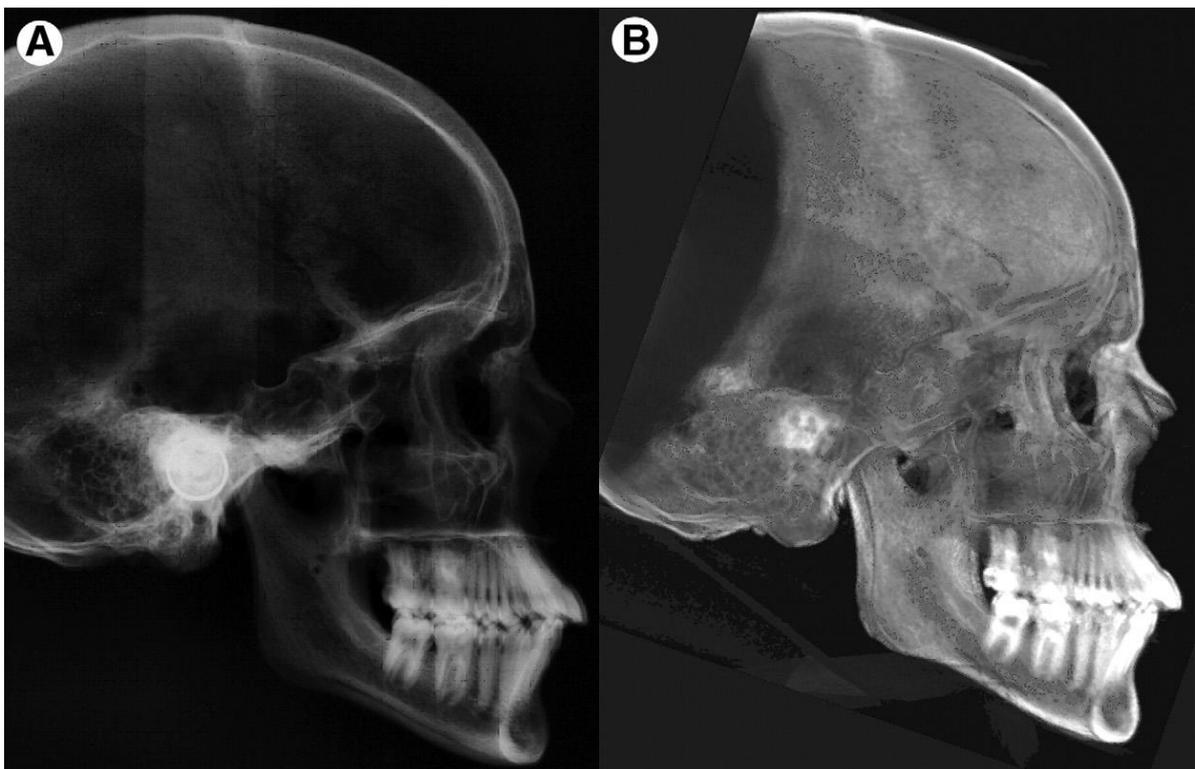


FIGURA 13 – **A**, radiografia cefalométrica convencional. **B**, reconstrução da imagem cefalométrica

Fonte: Van Vlijmen *et al.*, 2009, p. 94.

Em outro trabalho, Van Vlijmen *et al.* (2009) compararam desta vez medidas cefalométricas realizadas em radiografias convencionais frontais bidimensionais (2D)

com imagens frontais tridimensionais (3D) reconstruídas de tomografia computadorizada de feixe cônico (TCFC), tiradas de 40 crânios secos. Foram marcados 10 pontos cefalométricos em tecido duro nas imagens 2D via programa de cefalometria *Viewbox* e nas imagens 3D via *Maxilim* (Medicim, Sint-Niklaas, Bélgica), onde 12 medidas cefalométricas foram obtidas. Os resultados mostraram ($P < 0,01$) haver diferenças estatisticamente significativas para as medidas encontradas nas imagens 2D e nas 3D de TCFC, para o mesmo crânio. Os resultados mostraram diferenças estatisticamente significativas ($P < 0,05$) entre todas as medidas realizadas nos dois tipos de imagens, para o mesmo crânio. Concluíram que não é recomendável usar de imagens 3D frontais em estudos longitudinais onde as imagens anteriores são radiografias frontais convencionais (2D).

Oliveira *et al.* (2009) verificaram a fidelidade dos pontos cefalométricos marcados em imagens tridimensionais (3D – volumétricas) de tomografias computadorizadas de feixe cônico (TCFC) aparelho NewTom 3G (AFP Imaging, EUA). Aleatoriamente 12 tomografias pré-cirúrgicas de pacientes que realizaram cirurgia ortognática foram selecionadas. Três operadores (ortodontista, radiologista e acadêmico) calibrados marcaram um total de 30 pontos orientados nos três planos, sagital, coronal e axial, no programa de cefalometria *Dolphin 3D* (Dolphin Imaging System, EUA). Os resultados levaram os autores a concluir que a confiabilidade intra e interoperadores foi excelente, e que a identificação dos pontos cefalométricos tridimensionalmente em TCFC fornecer dados confiáveis e reproduzíveis se o operador estiver treinado e calibrado.

Hassan *et al.* (2009) objetivaram em seus estudos verificar a precisão de medidas cefalométricas lineares em imagens tridimensionais (3D) em comparação com imagens bidimensionais (2D) em projeções cefalométricas lateral e pósterio-anterior (PA), todas obtidas de tomografia computadorizada de feixe cônico (TCFC), bem como investigar a influência da posição da cabeça do paciente durante a obtenção da imagem no resultado das medições. O padrão ouro foram oito crânios secos que se submeteram a TCFC no aparelho NewTom 3G (QR, Verona, Itália). Três examinadores, por duas vezes, realizaram 10 medidas cefalométricas lineares, tanto nos crânios secos via paquímetro digital (medição física), como nas imagens por cefalometria computadorizada. Os valores das medidas cefalométricas realizadas

nas imagens 3D se aproximaram mais dos valores encontrados no padrão ouro. Diferença estatisticamente significativa ($P < 0,001$) foi observada entre posição ideal da cabeça do paciente (plano de Frankfurt paralelo ao solo) e a posição rotacionada horizontalmente entre 15 e 18°, somente para medições em imagens 2D. Concluíram que são consideradas precisas medições cefalométricas realizadas em imagens 3D de TCFC e que pequenas variações de posição da cabeça do paciente na tomada de imagem 3D não influenciam a precisão dos resultados.

Brown *et al.* (2009) estudaram *in vitro* a confiabilidade e acurácia de medidas cefalométricas lineares realizadas em imagens volumétricas (3D) de tomografia computadorizada de feixe cônico (TCFC) de 19 crânios humanos secos. Os crânios foram submetidos a TCFC pelo aparelho i-CAT (Imaging Sciences Int., EUA) em três tipos de configurações para digitalização e reconstrução da imagem 3D, com 153 projeções, 306 projeções e 612 projeções. As medições foram feitas diretamente nos crânios por paquímetro digital foram comparadas com as feitas nas imagens, por programa de cefalometria. Não houve diferença estatisticamente significativa ($p > 0,05$) entre as três configurações, porém a média de nove medidas realizadas nas imagens mostrou-se menores que as encontradas nos crânios secos. Concluíram que as medições em imagens 3D de TCFC foram consistentes, e que reduzir o número de projeções para reconstrução da imagem não eleva a precisão das medidas.

Berco *et al.* (2009) realizaram um estudo com objetivo de avaliar a precisão e confiabilidade de medidas cefalométricas lineares em imagens tridimensionais (3D) obtidas de tomografia computadorizada de feixe cônico (TCFC) do aparelho i-CAT (Imaging Sciences International, USA) de crânio humano seco. Foram feitas 29 medidas lineares diretamente no crânio seco através de paquímetro digital de alta precisão (27-500-90 GAC, Bohemia, NY) e comparadas com as mesmas medidas feitas nas imagens 3D da TCFC. As medidas foram realizadas por dois operadores, quatro vezes cada com intervalos de dois dias. Os resultados não mostraram diferenças significantes intraoperador ou interoperador. Cinco medidas apresentaram diferenças estatisticamente significativas ($P < 0,05$), no entanto todas abaixo do tamanho do voxel conhecido (0,4 mm) e consideradas pelos autores clinicamente insignificantes, foram: no sentido vertical N-A e A-B, no transversal AG-

AG, no sagital OrR-Po e no sentido oblíquo OrL-Pog. Concluíram que imagens 3D de TCFC são precisas e confiáveis para realização de medidas lineares tridimensionais do complexo craniofacial.

Baumgaertel *et al.* (2009) estudaram a confiabilidade e precisão de medidas dentárias realizadas em imagens tridimensionais (3D) reconstruídas pelo programa *CB Works* (CyberMed, Seoul, Korea) de tomografia computadorizada de feixe cônico (TCFC) do aparelho Hitachi CB Mercuray (HitachiMedical, Tokyo, Japão). Dez medidas foram feitas diretamente nas dentições de 30 crânios secos com um paquímetro de alta precisão (Digimatic Caliper CD-6) e nas imagens 3D de TCFC com programa *CB Work*. As medidas foram: overbite, overjet, distância intercaninos superior e inferior, distância intermolares superior e inferior, comprimento do arco disponível e comprimento do arco exigido inferiores e superiores. Os resultados ($P < 0,05$) mostraram diferenças estatisticamente significativas apenas para as medidas combinadas: comprimento do arco disponível e comprimento do arco exigido inferiores e superiores. Concluíram que medições dentárias em imagens volumétricas (3D) de TCFC podem ser utilizadas clinicamente para avaliação quantitativa, pois ocorreu uma pequena diferença para medidas que exigiram combinações de medições.

Liang *et al.* (2009) compararam a qualidade da imagem e a visibilidade de estruturas anatômicas da mandíbula submetida a tomografia computadorizada de diferentes sistemas. Uma mandíbula seca foi submetida a tomografia computadorizada de feixe cônico (TCFC), nos aparelhos: i-CAT (Imaging Sciences International, USA), NewTom 3G (Quantitative Radiology, Itália), Galileos (Sirona, Alemanha), Accuitomo 3D (Morita, Japão), Scanora 3D (Soredex, Finlândia), e de tomografia computadorizada *multislice* (TC) Somatom Sensation (Siemens, Alemanha). Avaliadores (cirurgiões dentistas mestrandos em Radiologia) deram notas em uma escala de 1 a 5 (excelente a muito ruim) para qualificar as imagens no que tange a visualização das estruturas anatômicas da mandíbula e o nível de ruído na imagem, e estes avaliadores foram cegos para o tipo de aparelho usado na obtenção das imagens. O sistema de TC *Multislice* apresentou imagem de qualidade superior quanto ao nível de ruídos na imagem, porém sem significância estatística. A lâmina dura, o espaço periodontal e o osso trabecular foram as estruturas menos visíveis,

sendo que o aparelho de TCFC Accuitomo foi o melhor avaliado para visualizar as estruturas anatômicas, seguido do TC *multislice* Somatom Sensation e i-CAT, porém também insignificante estatisticamente (FIG. 14).

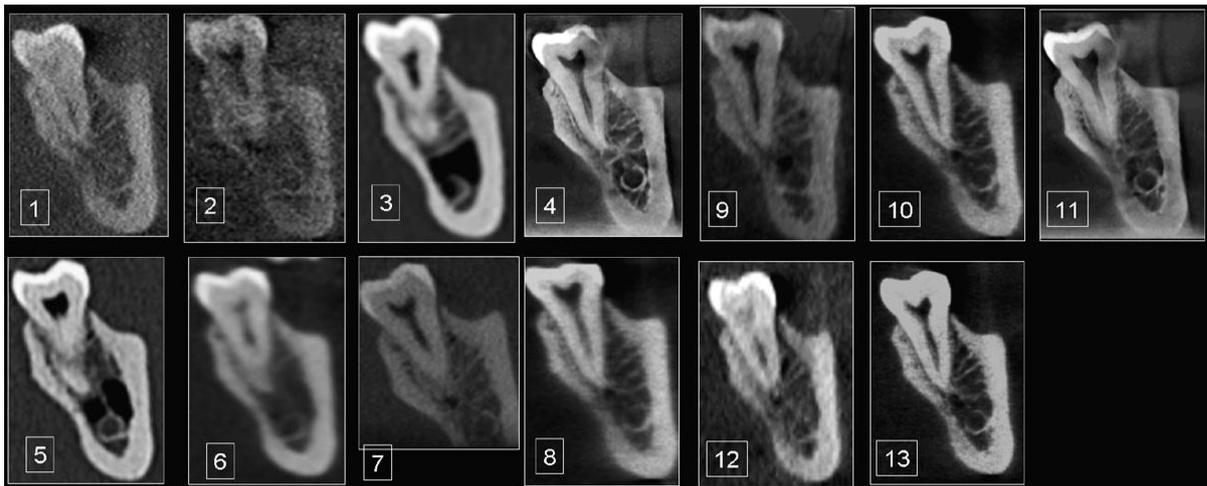


FIGURA 14 – Um corte sagital da mandíbula mostrando o canal mandibular e demais estruturas. Nas imagens 4 e 11 é visível a superioridade em relação as demais. Essas duas imagens são do Accuitomo

Fonte: Liang *et al.*, 2009, p. 3.

Liang *et al.* (2009) usando a amostra do seu trabalho anterior, realizou um novo estudo (Parte II) com objetivo de comparar a precisão geométrica da imagem volumétrica da mandíbula submetida a tomografia computadorizada de diferentes sistemas. Uma mandíbula seca foi submetida a tomografia computadorizada de feixe cônico (TCFC), nos aparelhos: i-CAT (Imaging Sciences International, USA), NewTom 3G (Quantitative Radiology, Itália), Galileos (Sirona, Alemanha), Accuitomo 3D (Morita, Japão), Scanora 3D (Soredex, Finlândia), e de tomografia computadorizada (TC) *multislice* no Somatom Sensation (Siemens, Alemanha). Imagens Tridimensionais foram reconstruídas, e foi considerado como padrão ouro o alinhamento das imagens obtidas de todos os aparelhos, através de programa MedCalc (versão 9.3.9.0, Bélgica). Os resultados levaram os autores a concluir que o sistema de TCFC ainda fornece imagem volumétrica com precisão geométrica ligeiramente inferior ao sistema de TC *Multislice*, porém sem significância estatística e clinicamente aplicável. Finalizaram ainda que com esses resultados, somados a

menor dose de radiação, menor tempo de escaneamento, boa qualidade de imagem, a TCFC é de grande valia para a odontologia, principalmente na cirurgia e implantodontia.

Lamichane *et al.* (2009) realizaram um estudo com objetivo de determinar se imagens bidimensionais (2D) de projeções ortogonais (lateral e frontal da cabeça) produzidas de tomografia computadorizada de feixe cônico (TCFC) pode substituir as telerradiografias convencionais (cefalométricas) e radiografias frontais, que originalmente são bidimensionais. Examinadores realizaram os traçados e as medidas cefalométricas lineares nos dois tipos de imagem através do programa Dolphin 10 (Dolphin Imaging Sciences, Chatswoth, EUA), que foram obtidas de manequim simulando uma cabeça humana. Os resultados mostraram não haver diferença significativa entre as medidas realizadas nas imagens 2D da TCFC e as do manequim e nem com as das radiografias convencionais. Concluíram que a reconstrução de imagens 2D da TCFC pode sim substituir com alta precisão a telerradiografia lateral e a frontal em análises cefalométricas.

Noble *et al.* (2009) realizaram uma pesquisa entre os alunos e professores de ortodontia e ortopedia facial dos 65 cursos de especialização dos Estados Unidos das América. Foram entrevistados 136 profissionais. Fizeram parte do questionário, entre outras, a intenção do profissional em utilizar como ferramenta de diagnóstico imagens digitais e de tomografia computadorizada de feixe cônico (TCFC). Os resultados mostraram que 92,75% dos entrevistados pretendem utilizar de radiografias digitais e 28,26% pretendem utilizar imagens de TCFC. Concluíram que os profissionais norte-americanos entrevistados estão interessados nos avanços tecnológicos, em especial a utilização de radiografia digital, e com mais conhecimentos e treinamentos tenderão a solicitar mais TCFC.

Grauer *et al.* (2009) estudaram a utilização de imagens craniofaciais em formato DICOM, em três programas manipuladores de imagens de tomografia computadorizada de feixe cônico (TCFC): 3dMDvultus (3dMD, Atlanta, EUA); Dolphin Imaging (Dolphin Images, Chaswoth, EUA); e InVivoDental (Anatomege, San Jose, EUA). Quanto à marcação dos pontos cefalométricos nas imagens volumétricas (3D) para todos os programas os autores relatam ainda não haver clareza operacional nem definições técnicas específicas para fazê-la com segurança

nos planos espaciais, e outros fatores podem dificultar a marcação dos pontos como: a presença de artefatos metálicos, movimento do paciente durante aquisição da imagem, e ruídos na imagem por uso de filtro mal aplicado pelo operador. A marcação dos pontos sendo realizada nos cortes tomográficos pode ser uma alternativa, e outra pode ser a utilização das imagens da TCFC em 2D simulando as radiografias cefalométricas convencionais. Concluíram serem necessários mais pesquisas para que o ortodontista tenha uma melhor interpretação da imagem 3D e precisão na marcação dos pontos sobre imagem volumétrica, principalmente para se estabelecer padrões, e que a evolução constante dos aparelhos e programas tem contribuído, e levarão ao surgimento de novos conceitos.

5 DISCUSSÃO

Com o desenvolvimento da tomografia computadorizada de feixe cônico (TCFC), por Mozzo *et al.* (1998), novos aparelhos com este sistema de aquisição de imagem vem sendo introduzidos no mercado. Estes apresentam características próprias e vantajosas ao uso na odontologia, como a utilização de menor dose de radiação, em comparação aos outros sistemas de tomografia computadorizada (TC) espiral ou helicoidal, *singleslice* ou *multislice*, também chamado TC *fan beam*. Sua utilização tem crescido e se bem indicada e usada de forma adequada traz benefícios ao diagnóstico, de acordo com Garib *et al.* (2007), Swennen e Schutyser (2007), Cavalcanti (2008) e Cavalcanti (2010).

Existem diversos tipos de aparelhos de TCFC no mercado, e em constante evolução e atualização. Relevante para cefalometria é o posicionamento do paciente ao receber a tomada. De acordo com Kau *et al.* (2005), Garib *et al.* (2007), Cavalcanti (2008), Cataneo e Melsen (2008) exame realizado com o paciente sentado ou em pé o perfil mole facial fica posicionado mais naturalmente, como nos aparelhos i-CAT e Kodak 9000 3D. Isto pode evitar erros na marcação dos pontos cefalométricos na região. Alguns aparelhos como i-CAT e CB MercurRay tem campo de visão (FOV) do tamanho capaz de capturar em uma só tomada a imagem cefalométrica. Os *softwares*, ou programas de computador específicos para medições cefalométricas, lineares e angulares, também estão surgindo no mercado com características próprias, e ainda necessitam de mais treinamento e evidências para se tornarem mais uteis e usuais na ortodontia.

A cefalometria é uma importante ferramenta auxiliar de diagnóstico das anomalias dentomaxilofaciais e no planejamento para os ortodontista e cirurgiões bucomaxilofaciais, seja em qualquer fase do tratamento. Este exame é realizado desde a sua padronização em imagens bidimensionais de telerradiografias em normal lateral ou frontal de acordo com a literatura pesquisada, como Interlandi (1999), Moyers *et al.* (1991), Pereira *et al.* (1998), e Vilella (1998). Há alguns anos

os centros ou clínicas de radiologia odontológica absorveram o trabalho de realizar a cefalometria, em forma de prestação de serviço aos ortodontistas que as solicitam, na sua grande maioria da forma computadorizada. Isto compreende realizar o desenho do traçado (cefalograma), as marcações dos pontos cefalométricos e a geração dos resultados numéricos (análise cefalométrica).

A cefalometria se vê agora com a possibilidade de ser feita em imagens volumétricas de forma tridimensional, com marcação dos pontos cefalométricos nos três planos espaciais. Porém, de acordo com Aboudara *et al.* (2009), Capelozza Filho *et al.* (2008), Farman e Scarfe (2006), Garib *et al.* (2007), e Accorsi *et al.* (2010), alterar ou desprezar a cefalometria baseada em radiografias 2D, que tem sido feita há quase 80 anos, não é recomendado, pois a cefalometria tridimensional ainda precisa de mais estudos, evidências e treinamentos para melhor interpretar as imagens, e ainda deverão surgir novos padrões, paradigmas, conceitos. Até termos uma cefalometria tridimensional estabelecida a cefalometria tradicional pode ser executada com imagens 2D da TCFC.

As imagens de TCFC tem maior potencial para realização de cefalometria 3D ou mesmo de cefalometria tradicional do que a TC convencional ou *fan beam*. Isto se deve ao fato da técnica de feixe cônico apresentar menor dose de radiação X ao paciente, produzir menos artefatos metálicos, ter um processo de varredura no sentido vertical (maioria dos aparelhos) o que produz imagem de tecido mole facial mais natural e confiável do que a TC *fan beam*, e custo financeiro menor dos exames. Porém para se tornar imagem de 1ª escolha para cefalometria, são necessários mais estudos.

A TCFC apresenta algumas desvantagens como: geração de artefatos metálicos na região de oclusão (ainda que menor que TC *fan beam*); exposição à radiação X superior a exame de telerradiografia convencional, o que pode influenciar na escolha do exame pelo profissional de acordo com Garib *et al.* (2007), e Accorsi *et al.* (2010). É coerente a esse mesmo profissional avaliar a relação custo-benefício deste exame complementar, que ainda está restrito à centros urbanos maiores. Quando o exame de TCFC é indicado para auxiliar o diagnóstico e planejamento, o ortodontista pode solicitar a imagem 2D similar a telerradiografia pra realizar a cefalometria, pois a com

TCFC em só exame o ortodontista pode compor sua documentação ortodôntica, com as imagens e reconstruções necessárias.

São mais próximos dos valores os valores das cefalometrias realizadas em imagens tridimensionais (3D) em comparação as realizadas em imagens similares a telerradiografias convencionais (2D) geradas de TCFC ou TC, para todas as medidas, confirmado pelos estudos de Hassan *et al.* (2009), Cavalcanti e Vannier (1998) que utilizaram como padrão ouro medições em cabeças de cadáveres. Em concordância também com Adams *et al.* (2004) que na comparação usou radiografias convencionais e como padrão ouro, crânios secos. Os exames em cabeças de cadáveres aproximam da realidade clínica, devido a presença do tecido mole, inexistente nos crânios secos.

Nos estudos onde não participaram da comparação as cefalometrias em radiografias convencionais e as reconstruções das mesmas em TCFC, os resultados da cefalometria em imagens 3D foram significativamente bem mais próximos do padrão ouro como publicaram Lopes *et al.* (2007) e Cavalcanti *et al.* (1999). Explicável, pois as imagens volumétricas dos crânios: tem tamanhos reais; são manipuladas facilmente; são livres de sobreposições; podem ser visualizadas em vários planos. Isto tudo tende a facilitar a localização e marcação dos pontos cefalométricos reduzindo chances de erro do operador na cefalometria. Esses resultados discordaram um pouco de Berco *et al.* (2009), e Periago *et al.* (2008) que encontraram diferenças estatisticamente significantes entre os valores médios nas cefalometrias em imagens 3D e o padrão ouro. Porém essas diferenças foram 90% inferiores a 2 mm, o que clinicamente pode ser considerado sem significância.

A cefalometria tridimensional, ou seja, a realizada em imagens 3D de TCFC ou mesmo de TC ainda está em desenvolvimento. De acordo com vários autores entre eles Garib *et al.* (2009), Grauer *et al.* (2009), Van Vlijmen *et al.* (2009), Cavalcanti, (2010), e Accorsi *et al.* (2010), ainda são necessárias mais evidências consistentes, valores referenciais, e treinamento, para se tornar rotineira ou padrão, de forma clara e segura nos centros de radiologia odontológica e na ortodontia.

Estudos de Lagravère *et al.* (2006) e Oliveira *et al.* (2009) são uns dos poucos na literatura a proporem pontos e planos padrões referenciais para realização de

cefalometria tridimensional. Assim percebe-se que ainda é necessário mais estudos e evidências. Enquanto isto, a cefalometria pode ser feita de forma tradicional, manualmente ou computadorizada, em imagens 2D de TCFC, similares a telerradiografia convencional, que tem resultados no mínimo iguais aos da cefalometria em telerradiografias. As imagens 2D da TCFC similares a telerradiografia podem sofrer manipulação pelos programas de computador, mostra-se ortogonal, com igual dimensão nos lados esquerdos e direitos, diferente da telerradiografia que tem ampliação, principalmente do lado da face mais distante do filme, ou seja o lado que primeiro é atingido pelos raios X (geralmente o direito), além das sobreposições de estruturas bilaterais.

Apresentou maior precisão, com valores mais próximos das medidas físicas, a cefalometria feita em imagens similares a telerradiografias (2D) reconstruídas de TCFC, quando em comparação com a cefalométrica em telerradiografias convencionais (2D) de acordo com achados de Accorsi (2007). Já os achados de Lamichane *et al.* (2009), e Kumar *et al.* (2007), que usaram metodologias similares, houve pouca diferença entre as medidas cefalométricas e as medidas físicas, apenas para algumas variáveis relacionadas a telerradiografia convencional. Isto mesmo magnificando a imagem de TCFC em 7,5% para simular este efeito que é inerente ao exame de telerradiografia convencional. As variáveis que deferiram são relacionadas a o plano mandibular e plano de Frankfurt que apresentam pontos de difícil marcação devido a sobreposição de imagens na região. Kumar *et al.* (2008) também encontraram resultados semelhantes porém em uma amostra de pacientes, o que aproxima mais da realidade clinica do que os demais trabalhos, que forma em crânios secos.

Comparando apenas as imagens, ou seja, a telerradiografia convencional com sua imagem similar (2D) gerada de TCFC sem inclusão de um padrão ouro, ocorreu maiores variações intraoperadores nas cefalometrias realizadas nas imagens convencionais. As menores variações foram para as imagens 2D de TCFC do tipo *RayCast* presentes nos trabalhos de Cattaneo *et al.* (2008), em acordo com Moshiri *et al.* (2007), e Junqueira (2007). Porém este último utilizou amostra de pacientes. Usando também amostra de pacientes Greiner *et al.* (2007), discordou dos trabalhos anteriores, pois não encontrou diferenças entre os dois tipos de imagens no que

tange resultados de cefalometria. Este trabalho está em concordância com os achados de Van Vlijmen *et al.* (2009), que encontraram diferença apenas entre as medidas lineares A-Ar (ponto A na maxila ao ponto articular no côndilo) e Ar-Pog (ponto articular no côndilo ao ponto pogônio no mento), justificável pelo ponto Ar ser de difícil marcação, pois localizar-se em região de sobreposição de imagens de estruturas anatômicas, entre elas o côndilo; parte do osso temporal, occipital e esfenóide.

6 CONCLUSÃO

Com base na literatura estudada concluímos quanto ao uso de imagens de tomografia computadorizada de feixe cônico (TCFC) na cefalometria:

- a) A cefalometria tridimensional ainda necessita de mais estudos, treinamento e evidências científicas para se tornar rotina na clínica ortodôntica. Até que se alcance esse ideal a cefalometria tradicional ainda é a 1ª escolha.
- b) A TCFC permite facilmente a geração de imagens 2D similares a telerradiografias convencionais usadas na cefalometria. O uso dessas imagens é bem indicado, principalmente em casos onde o paciente irá se submeter ao exame de TCFC, não precisando assim da telerradiografia convencional, evitando radiação adicional desnecessária;
- c) Apresentaram precisão as medidas cefalométricas em imagens 2D e 3D de TCFC em comparação a medidas da cefalometria tradicional feita em telerradiografia;

REFERÊNCIAS

ABOUDARA, C.; NIELSEN, I. B.; HUANG, J. C.; MAKI, K.; MILLER, A. J.; HATCHER, D. Comparison of airway with conventional lateral headfilms and 3-dimensional reconstruction from cone-beam computed tomography. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*. St. Louis, v. 135, n. 4, p. 468-79, Apr. 2009.

ACCORSI, M. A. O. *Comparação de grandezas cefalométricas obtidas por meio de telerradiografias e tomografias computadorizadas multislice em crânios secos humanos*. 2007. 156 f. Dissertação (Mestrado em Odontologia) – Faculdade de Odontologia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.

ACCORSI, M. A. O.; LOPES, P. M. L.; CAVALCANTI, M. G. P. Ortodontia. In: CAVALCANTI, M. G. P. *Diagnóstico por imagem da face*. São Paulo: Livraria Santos Editora, 2008. cap. 9, p. 245-71.

ACCORSI, M. A. O.; LOPES, P. M. L.; CAVALCANTI, M. G. P. Novas técnicas no diagnóstico e planejamento em ortodontia. In: CAVALCANTI, M. G. P. *Tomografia computadorizada por feixe cônico*. São Paulo: Livraria Santos Editora, 2010. cap. 5, p. 135-69.

ADAMS, G. L.; GANSKY, S. A.; MILLER, A. J.; HARELL JR, W. E.; HATCHER, D. C. Comparison between traditional 2-dimensional cephalometry and a 3-dimensional approach on human dry skulls. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*. St. Louis, v. 126, n. 10, p. 397-408, Oct. 2004.

BALLRICK, J. W.; PALOMO, J. M.; RUCH, E.; AMBERMAN, B. D.; HANS, M. G. Image distortion and spatial resolution of a commercially available cone-beam computed tomography machine. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*. St. Louis, v. 134, n. 10, p. 573-82, Oct. 2008.

BARROS, M. T. L. *Tomografia computadorizada e as aplicações das reconstruções em 3D na odontologia*. 2006. 71 f. Monografia (Especialização em Radiologia Odontológica e Imaginologia) – Faculdade de Odontologia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2006.

BAUMGAERTEL, S.; PALOMO, J. M.; PALOMO, L.; HANS, M. G. Reliability and accuracy of cone-beam computed tomography dental measurements. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*. St. Louis, v. 136, n. 7, p. 19-28, July. 2009.

BERCO, M.; RIGALI JR, P. H.; MINER, M.; DELUCA, S.; ANDERSON, N. K.; WILL, L. A. Accuracy and reliability of linear cephalometric measurements from cone-beam computed tomography scans of a dry human skull. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*. St. Louis, v. 136, n. 7, p. 17e1-9, July. 2009.

BERNARDES, R. A. *Estudo comparativo entre a tomografia computadorizada tridimensional, ortopantomográficos e radiografias periapicais no diagnóstico de lesões periapicais, fraturas radiculares e reabsorções dentais*. Tese (Doutorado em Odontológica, Endodontia) – Faculdade de Odontologia de Bauru, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.

BROOKS, S. L. Computed tomography. *Dental Clinic North American*. Philadelphia, v. 37, n. 4, p. 575-90, Oct. 1993.

BRYANT, J. A.; RICGMOND, D. S. Study of the scan uniformity from an i-CAT cone beam computed tomography dental imaging system. *Dentomaxillofacial Radiology*. Stanford, v. 37, n. 7, p. 365-74, Oct. 2008.

BROWN, A. A.; SCARFE, W. C.; SCHEETZ, J. P.; SILVEIRA, A. M.; FARMAN A. G. Linear accuracy of cone beam CT derived 3D images. *Angle Orthodontist*. Appleton, v. 79, n. 1, p. 150-7, Jan. 2009.

CAPELOZZA FILHO, L. *Diagnóstico em ortodontia*. Maringá: Dental Press Editora, 2004. 519 p.

CAPELOZZA FILHO, L.; FATTORI, L.; MALTAGLIATI, L. A. Um novo método para avaliar as inclinações dentárias utilizando a tomografia computadorizada. *Revista Dental Press de Ortodontia e Ortopedia Facial*. Maringá, v. 10, n. 5, p. 23-9, set./out. 2005.

CAPELOZZA FILHO, L.; FATTORI, L.; CORDEIRO, A.; MALTAGLIATI, L. A. Avaliação da inclinação do incisivo inferior através da tomografia computadorizada. *Revista Dental Press de Ortodontia e Ortopedia Facial*. Maringá, v. 13, n. 6, p. 108-17, nov./dez. 2008.

CATTANEO, P. M.; BLOCH, C. B.; CALMAR, D.; HJORTSHOJ, M.; MELSEN, B. Comparison between conventional and cone-beam computed tomography – generated cephalograms. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*. St. Louis, v. 134, n. 10, p. 798-802, Nov. 2008.

CATTANEO, P. M.; MELSEN, B. The use of cone-beam computed tomography in an orthodontic department in between research and daily clinic. *World Journal of Orthodontics*. *World Journal of Orthodontics*. Berlin, v. 9, n. 3, p. 269-282, July/Sept. 2008.

CAVALCANTI, M. G. P.; VANNIER, M. W. Quantitative analysis of spiral computed tomography for craniofacial clinical applications. *Dentomaxillofacial Radiology*. Stanford, v. 27, n. 6, p. 344-50, Nov. 1998.

CAVALCANTI, M. G. P.; HALLER, J. W.; VANNIER, M. W. Three-dimensional computed tomography landmark measurement in craniofacial surgical planning experimental validation in vitro. *Journal Oral Maxillofacial Surgery*. Rosemount, v. 57, n. 6, p. 690-4, June. 1999.

CAVALCANTI, M. G. P.; ROCHA, S. S.; VANNIER, M. W. Craniofacial measurements based on 3D-TC volume rendering: implications for clinical applications. *Dentomaxillofacial Radiology*. Stanford, v. 33, n. 2, p. 170-6, Feb. 2004.

CAVALCANTI, M. G. P. *Diagnóstico por imagem da face*. São Paulo: Livraria Santos Editora, 2008. 392 p.

CAVALCANTI, M. G. P. *Tomografia computadorizada por feixe cônico*. São Paulo: Livraria Santos Editora, 2010. 256 p.

DUDIC, A.; GIANNOPOULOU, C; LEUZINGER, M; KILIARIDIS, S. Detection of apical root resorption after orthodontic treatment by using panoramic radiography and cone-beam computed tomography of super-high resolution. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*. St. Louis, v. 135, n. 4, p. 434-7, Apr. 2009.

ERIKSON, M. J. Cone beam computerized tomography and digital radiography. A comparative study of posteroanterior cephalometrics. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*. St. Louis, v. 128, n. 4, p. 549-54, Oct. 2005.

GARIB, D. G.; RAYMUNDO JÚNIOR, R.; RAYMUNDO, M. V.; RAYMUNDO, D. V.; FERREIRA, S. N. Tomografia computadorizada de feixe cônico (cone beam): entendendo este novo método de diagnóstico por imagem com promissora aplicabilidade na ortodontia. *Revista Dental Press de Ortodontia e Ortopedia Facial*. Maringá, v. 12, n. 2, p. 139-56, mar./abr. 2007.

GRAUER, D; CEVIDANES, L. S. H.; PROFFIT, W. R. Working with DICOM craniofacial images. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*. St. Louis, v. 136, n. 3, p. 460-70, Sept. 2009.

GREINER, M.; GREINER, A.; HIRSCHFELDRE, U. Variance of landmarks in digital evaluations: comparison between CT-based and conventional digital lateral cephalometric radiographs. *Journal of Orofacial Orthopedics*. Munich, v. 68, n. 4, p. 290-8, Jul./Aug. 2007.

GONTIJO, A. I. *A cefalometria e a análise facial morfológica como método de diagnóstico ortodôntico*. 2006. 102 f. Monografia (Especialização em Ortodontia) – Faculdade de Odontologia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2006.

HALAZONETIS, D. J. From 2-dimensional cephalograms to 3-dimensional computed tomography scans. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*. St. Louis, v. 127, n. 5, p. 627-37, May. 2005.

HASSAN, B.; VAN DER STELT, P. V.; SANDERINK, G. Accuracy of three-dimensional measurements obtained from cone beam computed tomography surface-rendered for cephalometric analysis: influence of patient scanning position. *European Journal of Orthodontics*. Oxford, v. 31, n. 2, p. 129-34, Apr. 2009.

HOLBERG, C.; STEINHÄUSER, S.; GEIS, P.; RUDZKI-JANSON, I. Cone-beam computed tomography in orthodontics: benefits and limitations. *Journal of Orofacial Orthopedics*. Munich, v. 66, n. 6, p. 434-44, Nov./Dec. 2005.

HOUNSFIELD, G. N. Computerized transverse axial scanning (tomography).1. Description of system. *British Journal of Radiology*. London, v. 56, n. 12, p. 1016-22, Dez. 1973.

HOWERTON JUNIOR., W. B.; MORA, M. A. Advancements in digital imaging: what is new and on the horizon? *The Journal of the American Dental Association*. Chicago, v. 139, n. 3, p. 20s-24s, Jun. 2008.

INTERLANDI, S. *Ortodontia: Bases para a iniciação*. 4. ed. São Paulo: Artes Médicas Editora, 1999. 769 p.

JUNQUEIRA, J. L. C. *Avaliação comparativa entre as telerradiografias cefalométricas laterais convencional, digital e geradas por tomografia computadorizada por aquisição volumétrica Cone Beam*. 2007. 106p. Tese (Doutorado em Odontologia, Ortodontia) - Faculdade de Odontologia, Universidade Estadual Paulista, Araçatuba, 2007.

KAU, C. H.; RICHMOND, S.; PALOMO, J. M.; HANS, M. G. Current products and practice three-dimensional cone beam computerized tomography in orthodontics. *Journal of Orthodontics*. London, v. 32, n. 6, p. 282-93, Dec. 2005.

KUMAR, V; LUDLOW, J.; MOL, A.; CEVIDANES, L. H. S. In Vivo comparasion of conventional and cone beam CT synthesized cephalograms. *Angle Orthodontist*. Appleton, v. 78, n. 5, p. 873-79, Sep. 2008.

KUMAR, V; LUDLOW, J.B.; CEVIDANES, L. H. S.; MOL, A. Comparasion of conventional and cone beam CT synthesized cephalograms. *Dentomaxillofacial Radiology*. Appleton, v. 36, n. 5, p. 263-9, Jul. 2007.

LAGRAVÈRE, M. O.; MAJOR, P. W. Proposed reference point for 3-dimensional cephalometric analysis with cone-beam computed tomography. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*. St. Louis, v. 128, n. 11, p. 657-60, Nov. 2005.

LAGRAVÈRE, M. O.; HANSEN, L.; HARZER, W.; MAJOR, P. W. Plane orientation for standartization in 3-dimensional cephalometric analysis with computerized tomography imaging. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*. St. Louis, v. 129, n. 5, p. 601-4, May. 2006.

LAMICHANE, M.; ANDERSON, N. K.; RIGALI, P. H.; SELDIN, E. B.; WILL, L. A. Accuracy of reconstructed images from cone-beam computed tomography scans. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*. St. Louis, v. 136, n. 2, p. 156-7, Fev. 2009.

LIANG, X. et. Al. A comparative evaluation of cone beam computed tomography (CBCT) and multi-slice CT (MSCT) – Part I On subjective image quality. *European Journal of Radiology*. Berlin, v. 8, n. 9, p. 1558-64, Sep. 1998.

LIANG, X. et al. A comparative evaluation of cone beam computed tomography (CBCT) and multi-slice CT (MSCT) – Part II On 3D model accuracy. *European Journal of Radiology*. Berlin, v. 8, n. 9, p. 1558-64, Sep. 1998.

LOPES, P. M. L.; PERRELLA, A.; MOREIRA, C. R.; NETO, J. R.; CAVALCANTI, M. G. P.; Aplicação de medidas cefalométricas em 3D-TC. *Revista Dental Press de Ortodontia e Ortopedia Facial*. Maringá, v. 12, n. 4, p. 99-106, jul./ago. 2007.

LOUBELE, M. *et al.* Comparison between effective radiation dose of CBCT and MSCT scanners for dentomaxillofacial applications. *European Journal of Radiology*. Berlin, v. 71, n. 7, p. 461-8, July 2008.

MASSAHUD, N. V.; TOTTI, J. I. S. Estudo comparativo das alterações no perfil mole facial pré e pós-tratamento ortodôntico com extrações de pré-molares. *Jornal Brasileiro de Ortodontia e Ortopedia Facial*. Curitiba, v. 50, n. 9, p. 109-19, mar./abr. 2004.

MATZENBACHER, L.; CAMPOS, P. S. F.; PENA, N.; ARAUJO, T. M. Avaliação de métodos radiográficos utilizados na localização vertical de sítios eleitos para instalação de mini-implantes. *Revista Dental Press de Ortodontia e Ortopedia Facial*. Maringá, v. 13, n. 5, p. 95-106, set./out. 2008.

MERRETT, S. J.; DRAGE, N. A.; DURNING, P. Cone beam computed tomography: a useful tool in orthodontic diagnosis and treatment planning. *Journal of Orthodontics*. London, v. 36, n. 5, p. 202-10, Sep. 2009.

MOERENHOUT, B. A. M. M. L.; *et al.* Accuracy and repeatability of cone-beam computed tomography (CBCT) measurements used in the determination of facial indices in the laboratory setup. *Journal of Cranio-Maxillofacial Surgery*. Berlin, v. 37, n. 1, p. 18-23, Jan. 2009.

MOSHIRI, M. *et al.* Accuracy of linear measurements from imaging plate and lateral cephalometrics images derived from cone beam tomography. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*. St. Louis, v. 132, n. 4, p. 550-60, Oct. 2007.

MOYERS, R. E.; BOOKSTEIN, F. L.; HUNTER, W. S. Análise do esqueleto craniofacial: cefalometria. In: MOYERS, R. E. *Ortodontia*. 4.ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1991. cap. 12, p. 208-53.

MOZZO, P.; PROCACCI, C.; TACCONI, A.; MARTINI, P. T.; ANDREIS, I. A. B. A new volumetric CT machine for dental imaging based on the cone-beam technique: preliminary results. *European Radiology*. Berlin, v. 8, n. 9, p. 1558-64, Sep. 1998.

NAKAJIMA, A. *et al.* Two and Three-dimensional orthodontic imaging using limited cone beam computed tomography. *Angle Orthodontist*. Appleton, v. 75, n. 6, p. 895-903, Jun. 2005.

NOBLE, J.; HECHTER, F. J.; KARAIKOS, N. E.; LEKIC, N.; WILTSHIRE, W. A. Future practice plans of orthodontic residents in the United States. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*. St. Louis, v. 135, n. 3, p. 357-60, Mar. 2009.

OLIVEIRA, A. E. F.; CEVIDANES, L. H. S.; PHILLIPS, C.; MOTTA, A.; BURKE, B.; TYNDALL, D. Observer reliability of three-dimensional cephalometric landmark identification on cone-beam computerized tomography. *Oral Surgery Oral Medicine Oral Pathology Oral Radiology and Endodontology*. St. Louis, v. 107, n. 2, p. 256-65, Feb. 2009.

PEREIRA, C. B.; MUNDSTOCK, C. A.; BERTHOLD, T. B. Introdução à cefalometria radiográfica. 3. ed. São Paulo: Pancast Editora, 1998. 261 p.

PERIAGO, D. R.; SCARFE, W. C.; MOSHIRI, M.; SCHEETZ, J. P.; SILVEIRA, A. M.; FARMAN A. G. Linear accuracy and reliability of cone beam CT derived 3D images constructed using an orthodontic volumetric rendering program. *Angle Orthodontist*. Appleton, v. 78, n. 3, p. 387-95, May. 2008.

PINHEIRO, J. A. *A aplicabilidade da tomografia computadorizada de feixe cônico em odontologia: uma revisão da literatura*. 2008. 34 f. Monografia (Especialização em Radiologia Odontológica e Imaginologia) – Faculdade de Odontologia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2008.

RICKETTS, R. M. The value of cephalometrics and computerized technology. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*. St. Louis, v. 42, n. 3, p. 179-99, July. 2008.

ROBERTS, J. A.; DRAGE, N. A.; DAVIES, J.; THOMAS, D. W. Effective dose from cone beam CT examinations in dentistry. *British Journal of Radiology*. London, v. 82, n. 1, p. 35-40, Jan. 2009.

SCARFE, W. C.; FARMAN, A. G.; SUKOVIC, P. Clinical applications of cone-beam computed tomography in dental practice. *Journal of the Canadian Dental Association*, Ottawa, v. 72, n. 1, p. 75-80, Feb. 2006.

SILVA, M. A. G.; WOLF, U.; HEINICKE, F.; BUMANN, A.; VISSER, H.; HIRSCH, E. Cone-beam computed tomography for routine orthodontic treatment planning: A radiation dose evaluation. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*. St. Louis, v. 133, n. 5, p. 640e1-640e5, May. 2008.

SWENNEN, G. R. J.; SCHUTYSER, F. Three-dimensional cephalometry: Spiral multi-slice vs cone-beam computed tomography. *American Journal of Orthodontic and Dentofacial Orthopedics*. St. Louis, v. 130, n. 3, p. 410-16, Mar. 2006.

VAN VLIJMEN, O. J. C.; BERGÉ, S. J.; SWENNEN, G. R. J.; BRONKHOST, E. M.; KATSAROS, C; KUIJPERS-JAGTMAN, A. M. Comparasion of cephalometric radiographs obtained from cone-beam computed tomography scan and convencional radiography. *Journal Oral and Maxillofacial Surgery*. Philadelphia, v. 67, n. 2, p. 92-97, Feb. 2009.

VAN VLIJMEN, O. J. C.; BERGÉ, S. J.; SWENNEN, G. R. J.; BRONKHOST, E. M.; KATSAROS, C; KUIJPERS-JAGTMAN, A. M. Comparasion of cephalometric radiographs obtained from cone-beam computed tomography scan and convencional radiography. *European Journal of Oral Sciences*. Stuttgart, v. 117, n. 2, p. 300-5, Feb. 2009.

VILELLA, O. V. *Manual de cefalometria*. Rio de Janeiro: Gauanabara Koogan, 1998. 140 p.