



PAULO DE TARSO SILVA DE MACÊDO

**INFLUÊNCIA DE DIFERENTES PROTOCOLOS DE AQUISIÇÃO DA
IMAGEM DE TOMOGRAFIA COMPUTADORIZADA DE FEIXE
CÔNICO PARA VISUALIZAÇÃO DAS ESTRUTURAS
PERIODONTAIS E MENSURAÇÃO DO NÍVEL ÓSSEO: ESTUDO *IN-
VITRO*.**

PIRACICABA

2014



UNICAMP

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS

Faculdade de Odontologia de Piracicaba

PAULO DE TARSO SILVA DE MACÊDO

**INFLUÊNCIA DE DIFERENTES PROTOCOLOS DE AQUISIÇÃO DA
IMAGEM DE TOMOGRAFIA COMPUTADORIZADA DE FEIXE
CÔNICO PARA VISUALIZAÇÃO DAS ESTRUTURAS
PERIODONTAIS E MENSURAÇÃO DO NÍVEL ÓSSEO: ESTUDO *IN-
VITRO*.**

Dissertação apresentada à Faculdade de Odontologia de Piracicaba, da Universidade Estadual de Campinas, como parte dos requisitos exigidos para a obtenção do título de Mestre em Radiologia Odontológica, área de concentração em Radiologia Odontológica.

Orientador: Prof. Dr. Guilherme Monteiro Tosoni

Este exemplar corresponde à versão final da Dissertação apresentada pelo aluno Paulo de Tarso Silva de Macêdo, e orientada pelo Prof. Dr. Guilherme Monteiro Tosoni.

Assinatura do Orientador

PIRACICABA

2014

Ficha catalográfica
Universidade Estadual de Campinas
Biblioteca da Faculdade de Odontologia de Piracicaba
Marilene Girello - CRB 8/6159

M151i Macêdo, Paulo de Tarso Silva de, 1989-
Influência de diferentes protocolos de aquisição da imagem de tomografia computadorizada de feixe cônico para visualização das estruturas periodontais e mensuração do nível ósseo : estudo *in-vitro* / Paulo de Tarso Silva de Macêdo. – Piracicaba, SP : [s.n.], 2014.

Orientador: Guilherme Monteiro Tosoni.
Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Odontologia de Piracicaba.

1. Tomografia computadorizada de feixe cônico. 2. Doença periodontal. I. Tosoni, Guilherme Monteiro. II. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Odontologia de Piracicaba. III. Título.

Informações para Biblioteca Digital

Título em outro idioma: Influence of different cone-beam CT image acquisition protocols in the visualization of periodontal structures and in the bone height determination : *in-vitro* study

Palavras-chave em inglês:

Cone-beam computed tomography

Periodontal disease

Área de concentração: Radiologia Odontológica

Titulação: Mestre em Radiologia Odontológica

Banca examinadora:

Guilherme Monteiro Tosoni [Orientador]

Gilberto Aparecido Coclete

Francisco Haiter Neto

Data de defesa: 19-02-2014

Programa de Pós-Graduação: Radiologia Odontológica



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
Faculdade de Odontologia de Piracicaba



A Comissão Julgadora dos trabalhos de Defesa de Dissertação de Mestrado, em sessão pública realizada em 19 de Fevereiro de 2014, considerou o candidato PAULO DE TARSO SILVA DE MACÊDO aprovado.

Handwritten signature of Guilherme Monteiro Tosoni.

Prof. Dr. GUILHERME MONTEIRO TOSONI

Handwritten signature of Gilberto Aparecido Coclete.

Prof. Dr. GILBERTO APARECIDO COCLETE

Handwritten signature of Francisco Haiter Neto.

Prof. Dr. FRANCISCO HAITER NETO

RESUMO

O objetivo neste estudo foi avaliar a influência de diferentes protocolos de aquisição da imagem de Tomografia Computadorizada de Feixe Cônico (TCFC) na visualização das estruturas periodontais e na mensuração do nível ósseo alveolar. Inicialmente, foi realizada uma avaliação subjetiva sobre a qualidade de visualização das estruturas periodontais (cortical alveolar, espaço do ligamento periodontal e trabeculado ósseo) em imagens de TCFC, obtidas de crânios macerados com seis diferentes protocolos de aquisição, combinando-se diferentes tamanhos de voxel (0,20, 0,30 e 0,40mm) e graus de rotação (180 e 360°). As imagens foram avaliadas por três examinadores que atribuíram escores sobre a qualidade de visualização. Em seguida, realizou-se uma avaliação quantitativa, na qual o nível ósseo de 64 sítios apresentando perda óssea foi medido nas imagens de TCFC e nos crânios macerados. Após 30 dias, a amostra foi reexaminada. Para a avaliação qualitativa, o índice Kappa ponderado foi utilizado para avaliar as concordâncias intra- e interexaminador. As médias dos escores para cada uma das três estruturas periodontais, em cada protocolo de aquisição, foram comparadas utilizando-se a Análise de Variância (ANOVA) e Teste de Tukey. Para os dados quantitativos, o coeficiente de correlação intra-classe (ICC) foi aplicado para verificar as concordâncias intra- e interexaminador. A comparação entre as médias de erro dos diferentes protocolos também foi feita por meio da Análise de Variância (ANOVA) e Teste de Tukey. O nível de significância adotado foi de 5%. De modo geral, o protocolo com menor tamanho de voxel e rotação completa do tubo apresentou escore significativamente melhor para a visualização das estruturas periodontais ($p < 0,0001$). As concordâncias intra- e interexaminador se mostraram fortes na avaliação quantitativa, com valores médios de ICC superiores a 0,90. As médias de erro dos protocolos que utilizaram voxel de 0,40 mm foram significativamente maiores que as dos outros protocolos ($p < 0,0001$). Os protocolos que utilizam tamanhos de voxel de 0,20 e 0,30 mm, independente dos graus de rotação total (360°) ou parcial (180°),

apresentaram a mesma acurácia na mensuração do nível ósseo alveolar. O grau de rotação não influenciou o resultado das mensurações do nível ósseo ($p>0,05$). Concluímos que, em relação à qualidade subjetiva da imagem, a combinação do menor tamanho de voxel (0,20 mm) com o grau de rotação total (360°) proporciona uma visualização significativamente melhor das estruturas periodontais. Do ponto de vista quantitativo, com relação à mensuração do nível ósseo alveolar, os tamanhos de voxel de 0,20 e 0,30 mm, independente dos graus de rotação total (360°) ou parcial (180°), apresentam a mesma acurácia.

Palavras-chave: Tomografia Computadorizada de feixe cônico. Perda óssea. Doença periodontal.

ABSTRACT

The aim of this study was to assess the efficacy of cone-beam CT image acquisition protocols in the visualization of periodontal structures and periodontal bone height determination. First, subjective quality assessment of lamina dura delineation, trabecular bone and periodontal ligament space was performed using an ordinal scale ranging from 0 to 3 on CBCT scans obtained of dry skulls, with six different acquisition protocols, varying the voxel size (0.20, 0.30 and 0.40 mm) and degree of rotation (180 and 360°). In addition, a total of 64 sites, in the dry skulls, showing bone loss, were measured with a digital caliper (gold standard) and in the CBCT scans obtained with each protocol (quantitative analysis). The images were evaluated by 3 examiners. After 30 days, the total sample was re-evaluated. For subjective rating, weighted Kappa coefficients were calculated for intra- and inter-rater agreement. The mean scores of each structure in each of the protocols were compared by means of ANOVA one-way. Tukey's post hoc test was used to determine significant differences within protocols. For quantitative data, the intraclass correlation coefficients (ICC) was used to evaluate intra- and inter-examiner agreement; one-way ANOVA tested differences in mean errors for each acquisition protocol and Tukey's post hoc test was used to determine significant differences within protocols. The images acquired with lower voxel size and complete tube rotation (360°) were significantly superior in the visualization of lamina dura, trabecular bone and periodontal ligament space. ICC showed high intra- and inter-examiner agreement for all observations. There were significant differences ($p < .0001$) between the mean error (gold standard deviation) of periodontal bone level measurements of the 0.40 mm protocols, when compared with protocols using voxel sizes of 0.20 and 0.30 mm. The mean error of protocol that used 0.40 mm voxel size and half rotation (180°) was 0.57 mm, therefore, clinically significantly. Rotation arch did not influence the measurements of periodontal bone level. In conclusion, protocols that use 0.20 or 0.30 mm of voxel size, independently of the rotation arch, has the same accuracy in the

measurement of periodontal bone height. The combination of smaller voxel (0.20 mm) with the complete tube rotation (360°) showed higher efficacy in the visibility of periodontal structures.

Key-words: Cone-beam computed tomography; periodontal bone loss; periodontal disease.

SUMÁRIO

DEDICATÓRIA	xiii
AGRADECIMENTOS	xv
LISTA DE ILUSTRAÇÕES.....	xvii
LISTA DE TABELAS	xix
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	5
2.1. TOMOGRAFIA COMPUTADORIZADA DE FEIXE CÔNICO.....	5
2.2. TOMOGRAFIA COMPUTADORIZADA DE FEIXE CÔNICO EM PERIODONTIA.....	7
2.3. ESTUDOS AVALIANDO TAMANHOS DE VOXEL EM TCFC	14
2.4. ESTUDOS AVALIANDO GRAUS DE ROTAÇÃO EM TCFC	18
3. PROPOSIÇÃO	24
4. MATERIAL E MÉTODOS.....	25
4.1. AMOSTRA	25
4.2. MENSURAÇÕES NOS CRÂNIOS.....	25
4.3. AQUISIÇÃO DAS IMAGENS.....	28
4.4. AVALIAÇÃO DAS IMAGENS TOMOGRÁFICAS.....	30
4.5. ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	35
5. RESULTADOS	36
5.1. AVALIAÇÃO QUALITATIVA.....	36

5.2. AVALIAÇÃO QUANTITATIVA	39
6. DISCUSSÃO	42
7. CONCLUSÃO	49
REFERÊNCIAS*	50
ANEXOS.....	57
ANEXO 1:	57
ANEXO 2:	58

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho:

Aos meus avós, **Francisco Macedo** (*in memorian*) e **Andreлина** (*in memorian*);

À minha querida Tia Branca (*in memorian*);

Aos meus pais, **Maria de Lourdes** e **Pedro Celestino**, por todo o amor, o carinho, e o apoio em todas as fases da minha vida. Dedico a vocês a conclusão de mais uma etapa da minha formação profissional. Obrigado por me ensinarem a ser uma pessoa íntegra, e por todo o esforço para tornarem meus sonhos realidade. Vocês são a razão maior de todas as minhas conquistas.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por sempre guiar meus passos e por ser o Senhor da minha vida, me ajudando a superar todos os obstáculos e provando, a cada dia que passa, sua Presença em minha vida.

Aos meus pais (Pedro e Lourdes), meus irmãos (Frederico e Vanderlina), Vô Raimundo e Dinha, e todos os demais familiares, por toda a força, paciência e carinho para comigo durante esses anos.

À Luanna, pelo amor e dedicação durante todo esse tempo que estamos juntos.

Aos amigos que, mesmo distantes, torceram por mim e pelo meu sucesso profissional.

Ao Professor Dr. Guilherme Monteiro Tosoni, pela oportunidade de crescimento profissional que me concedeu e pela confiança em mim depositada. Obrigado também pela paciência, por compartilhar seus conhecimentos e experiência comigo, pelas demonstrações de profissionalismo, pela amizade e pelo apoio durante esses dois anos de curso. O senhor é um exemplo a ser seguido.

Aos Professores do Programa de Pós-graduação em Radiologia Odontológica da FOP/UNICAMP: Professora Dr^a Deborah Queiroz, Professor Dr. Francisco Haiter-Neto, Professor Dr. Frab Norberto Bóscolo e Professora Dr^a Solange de Almeida, responsáveis pela minha formação acadêmica, exemplos de dedicação e compromisso.

Aos meus colegas do Mestrado e Doutorado da FOP/UNICAMP, com os quais tive oportunidade de conviver, obrigado pelo companheirismo, atenção e apoio durante esses anos.

À Maria Augusta Visconti, pela ajuda inestimável neste trabalho. Obrigado por abrir as portas de sua Clínica para que eu pudesse obter as imagens da pesquisa.

Ao Marcelo Côrrea Alves, por todo o auxílio na parte de análise estatística dos dados.

Aos funcionários da Área de Radiologia da FOP/UNICAMP, Luciane, Waldeck, Fernando e Giselda. Obrigado pela ajuda sempre que precisei.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo incentivo através da bolsa de estudos.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) pelo auxílio à pesquisa (processo nº 2012/22095-0).

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- Figura 1-** Mensuração do sítio selecionado (vestibular do primeiro molar superior direito), com a sonda periodontal munida de “stop” de borracha. Notar os marcadores de guta-percha indicando os sítios selecionados. 27
- Figura 2-** Posicionamento do crânio dentro de um recipiente plástico e submerso em água para exame de TCFC. 29
- Figura 3-** Imagens dos cortes após a rotação dos planos. A. Corte Coronal; B. Corte Sagital; C. Corte axial de referência, ao nível da JCE dos dentes. Notar que os planos em ambos os cortes, sagital e coronal, estão paralelos ao longo eixo do dente em estudo (37). Observar também neste dente, o marcador de guta-percha na face lingual, indicando o sítio de mensuração do nível ósseo. 32
- Figura 4-** A. Corte coronal mostrando a medida do nível ósseo alveolar na face vestibular do segundo molar superior esquerdo (26). Observar que a medida do nível ósseo correspondeu à distância, em milímetros, do marcador de guta-percha à crista óssea alveolar. B. Corte sagital da região de molares superiores do lado esquerdo; C. Corte axial de referência ao nível da JCE do dente 26. Observar os marcadores de guta-percha (hiperdensos). 33
- Figura 5-** Exemplos de imagens mostrando a mensuração do nível ósseo alveolar na face mesial do segundo molar superior direito (27), nos seis protocolos de aquisição. 34

LISTA DE TABELAS

Tabela 1-	Características dos protocolos de aquisição das imagens de TCFC.	28
Tabela 2-	Concordância intraexaminador da avaliação qualitativa sobre os diferentes protocolos de aquisição das imagens.	36
Tabela 3-	Concordância interexaminador da avaliação qualitativa sobre os diferentes protocolos de aquisição das imagens.	37
Tabela 4-	Média, desvio-padrão, limites de confiança e Teste de Tukey dos escores de visualização das estruturas periodontais nos seis protocolos de aquisição.	38
Tabela 5-	Concordâncias intra- e interexaminador das mensurações do nível ósseo alveolar.	40
Tabela 6-	Médias de erro, desvio-padrão, limites de confiança e teste de Tukey das medidas do nível ósseo obtidas nos seis protocolos de aquisição.	40
Tabela 7-	Critérios para interpretação do Coeficiente Kappa.	58

1. INTRODUÇÃO

O exame radiográfico é de fundamental importância para o diagnóstico, prognóstico, plano de tratamento e acompanhamento da doença periodontal, constituindo um componente essencial para uma completa avaliação do periodonto. Diversas modalidades de exame têm sido aplicadas para a visualização dos tecidos periodontais, sendo as radiografias intrabuciais (periapical e interproximal) as mais utilizadas (Jeffcoat et al., 1995; Mol, 2004; Corbet et al., 2009).

O principal propósito das imagens radiográficas é avaliar o nível ósseo periodontal, fornecendo informações sobre o padrão, a extensão e a severidade da reabsorção óssea. Além disso, permitem determinar: a quantidade de osso de suporte remanescente, a configuração de defeitos ósseos angulares existentes, a integridade da crista óssea alveolar, a visualização da cortical alveolar e do espaço do ligamento periodontal e a existência de fatores predisponentes ao acúmulo de placa, como cálculos e restaurações defeituosas (Jenkins et al., 2005).

Apesar de fornecerem informações importantes para o diagnóstico, as radiografias apresentam limitações inerentes ao próprio exame radiográfico, tais como a representação bidimensional de uma estrutura tridimensional (no caso da periodontia, o osso alveolar), além de certo grau de distorção e ampliação da imagem, o que leva a uma falta de precisão nas mensurações do nível ósseo (Mol, 2004). Outras limitações apresentadas pelas radiografias são: (1) sobreposição de dentes e de outras estruturas anatômicas, permitindo que apenas o nível ósseo interproximal possa ser estimado com relativa precisão; (2) necessidade de uma perda mineral significativa (em torno de 30 a 50%) para que possa ser detectada; (3) não demonstram imagens dos tecidos moles e, portanto, não fornecem informações sobre a presença e profundidade de bolsas periodontais; (4)

apresentam alta especificidade e baixa sensibilidade, sendo úteis somente na confirmação da presença de defeitos periodontais; e (5) são incapazes de determinar a arquitetura tridimensional de defeitos ósseos periodontais e não possibilitam a detecção precisa de perdas ósseas localizadas nas superfícies vestibulares e linguais e nem a visualização adequada das lesões de furca (Tugnait et al., 2000; Perschbacher, 2009; du Bois et al., 2012).

As limitações inerentes às técnicas radiográficas tradicionais resultam em uma avaliação incompleta e imprecisa do osso alveolar e das estruturas periodontais (Mol e Balasundaram, 2008). Portanto, faz-se necessário a utilização de outras modalidades de exame por imagem que permitam a visualização mais precisa e detalhada do osso alveolar e das estruturas de suporte dentário, possibilitando, dessa forma, uma melhora significativa para o diagnóstico periodontal e para a formulação de um plano de tratamento adequado (Mol, 2004; du Bois et al., 2012).

Dentre essas modalidades de exame destaca-se a Tomografia Computadorizada de Feixe Cônico (TCFC) que tem grande aceitação na prática clínica odontológica. A TCFC é um método relativamente novo de diagnóstico por imagem que tem sido utilizado para a avaliação dos tecidos duros da região maxilofacial e, deste modo, tem apresentado inúmeras aplicações clínicas na Odontologia. Ela é capaz de produzir imagens volumétricas acuradas e precisas – com resolução submilimétrica, com menor tempo e dose de exposição do paciente à radiação e custo inferior, quando comparados à Tomografia Computadorizada *Fan Beam* (Scarfe et al., 2006; Scarfe e Farman, 2008).

Durante o exame de TCFC, o tubo de raios-x e o detector rotacionam em volta da cabeça do paciente, ocorrendo a obtenção de uma série de imagens semelhantes a telerradiografias do crânio; essas imagens são denominadas de projeções-base ou imagens-base, e são prontamente reconstruídas pelo software do equipamento, originando o volume tridimensional (Scarfe & Farman, 2006; Scarfe e Farman, 2010). O número total de imagens-base adquiridas depende do tempo de rotação do aparelho, da velocidade de rotação e do grau de rotação

(ângulo de escaneamento). Alguns tomógrafos de feixe cônico podem realizar exames utilizando uma rotação completa do tubo de raios X (360º) ou uma rotação parcial de 180º. Pode-se afirmar que em exames realizados com uma rotação parcial de 180º existe uma diminuição no número de imagens-base adquiridas e uma redução pela metade da dose efetiva de radiação ao paciente (Lofthag-Hansen, 2009; Lennon et al., 2011; Morant et al., 2013).

Alguns estudos se propuseram a avaliar a acurácia da TCFC no diagnóstico de perdas ósseas alveolares (Vandenberghe et al., 2007; Mol e Balasundaram, 2008; de Faria Vasconcelos et al., 2012; Feijó et al., 2012), na detecção e mensuração de defeitos ósseos periodontais (Mengel et al., 2005; Misch et al., 2006; Vandenberghe et al., 2008), na visualização e detecção de alterações na cortical alveolar e no espaço do ligamento periodontal (Özmeric et al., 2008; Jervoe-Storm et al., 2010), no diagnóstico e localização de lesões de furca (Walter et al., 2009; Noujeim et al., 2009; Walter et al., 2010) e na avaliação pré- e pós-operatória de cirurgias periodontais regenerativas (Bhatavadekar et al., 2008; Grimard et al., 2009).

Embora estes estudos tenham avaliado a aplicabilidade da TCFC na periodontia, não há na literatura, até o presente momento, nenhum estudo que avalie a influência da combinação de parâmetros de aquisição em TCFC, como por exemplo, tamanho de voxel e graus de rotação, sobre a avaliação das estruturas periodontais e mensuração do nível ósseo alveolar.

Alguns estudos já avaliaram a influência do tamanho do voxel sobre o diagnóstico de reabsorções radiculares externas (Liedke et al., 2009), na detecção de fraturas radiculares (Wenzel et al., 2009; Özer et al., 2011; Neves et al., 2012a), no diagnóstico de lesões cariosas (Haiter-Neto et al., 2008), na detecção de lesões de cárie oclusais (Kamburoglu et al., 2010) e sobre a visualização de estruturas anatômicas, tais como o canal mandibular e mensuração para planejamento de implantes (Torres et al., 2012; Waltrick et al., 2013).

Outros estudos sugerem que, para determinadas aplicações clínicas em equipamentos específicos de TCFC, rotações parciais podem ser utilizadas sem

prejuízo para a acurácia do diagnóstico e para a qualidade da imagem. Protocolos utilizando ângulo de rotação de 180° resultaram em imagens com boa qualidade para diagnóstico das lesões periapicais (Lofthag-Hansen, 2009; Lofthag-Hansen et al., 2011; Lennon et al., 2011), detecção de reabsorção radicular externa (Durack et al., 2011); realização de mensurações ósseas lineares (Hashem et al., 2013); diagnóstico de fraturas radiculares em dentes tratados endodonticamente (Bechara et al., 2013), visualização do canal radicular (Hassan et al., 2012) e mensurações pré-operatórias para planejamento de implantes (Neves et al., 2012b).

Considerando-se o potencial da Tomografia Computadorizada de Feixe Cônico como ferramenta útil para o diagnóstico e plano de tratamento das doenças periodontais e a necessidade de mais pesquisas na área, sobretudo com relação aos diferentes protocolos utilizados na aquisição dessas imagens, torna-se oportuno verificar a eficácia de diferentes protocolos, combinando-se diferentes parâmetros de aquisição como tamanhos do voxel e graus de rotação, para a visualização das estruturas periodontais e mensuração do nível ósseo.

2. REVISÃO DE LITERATURA

Neste capítulo, foram revisados os fundamentos e princípios da Tomografia Computadorizada de Feixe Cônico, incluindo as suas aplicações na Periodontia. Também foram revisados estudos que avaliaram os parâmetros de TCFC relacionados ao tamanho de voxel e grau de rotação. Com o intuito de facilitar a compreensão e leitura, este capítulo foi subdividido em tópicos, a seguir:

2.1. TOMOGRAFIA COMPUTADORIZADA DE FEIXE CÔNICO

O primeiro estudo publicado a respeito de TCFC aplicada para a região dento-maxilo-facial foi o dos italianos Mozzo et al., em 1998, da Universidade de Verona. Os autores apresentaram os resultados preliminares de um novo aparelho de Tomografia Computadorizada (TC) volumétrica para imagens odontológicas baseado na técnica do feixe em forma de cone, o NewTom-9000. Os trabalhos realizados com este aparelho mostraram boa acurácia das imagens, bem como uma dose de radiação equivalente a aproximadamente 1/6 da liberada pela TC tradicional (Mozzo et al., 1998).

Em 1999, um grupo de pesquisadores japoneses e finlandeses publicou um trabalho no qual apresentavam um novo tomógrafo computadorizado baseado na tecnologia de feixe cônico. O aparelho, denominado de Ortho-CT, consistia de uma modificação em um equipamento de radiografia panorâmica, onde o filme foi substituído por uma tela intensificadora. O Ortho-CT obtinha imagens com tamanho de voxel de 0.136mm, 80 kVp, 10 mA e tempo de exposição de 17s. O FOV era de 32 mm de altura por 38 mm de diâmetro. Segundo os autores, as imagens apresentavam uma excelente qualidade e a dose de radiação absorvida pela pele era a mesma de uma radiografia panorâmica convencional e dezenas de vezes menor que a da TC *multi-slice* (Arai et al., 1999).

De acordo com Scarfe et al., 2006, as vantagens clínicas da TCFC para exame da região maxilofacial, quando comparada à TC *multi-slice*, são: alta resolução espacial das imagens (voxel isotrópico variando de 0,40 a 0,05 mm); menores tempos de exame e de exposição, propiciando maior rapidez na aquisição das imagens; redução significativa da dose de radiação ao paciente, chegando a uma redução de 98% da dose em relação à TC *fan beam*; e praticidade na visualização das imagens, uma vez que o volume pode ser visualizado em computadores pessoais, não precisando necessariamente de uma *Workstation* específica como no caso da TC *fan beam*.

Na TCFC, uma fonte de radiação ionizante de formato cônico ou piramidal é dirigida ao centro da área de interesse em direção ao detector de imagem que está localizado no lado oposto ao paciente. Utilizando um fulcro fixo, tanto a fonte de radiação quanto o detector rotacionam ao redor da cabeça do paciente e múltiplas projeções são adquiridas em única rotação, total ou parcial (Scarfe et al., 2010).

Durante o exame, exposições individuais são realizadas com determinados graus de intervalo, produzindo projeções bidimensionais conhecidas como *imagens-base*. Essas imagens são semelhantes a telerradiografias do crânio, cada uma delas discretamente afastada umas das outras. O número total de imagens-base corresponde aos dados de projeção e é determinado pela taxa de aquisição (número de imagens adquiridas por segundo), pelo grau de rotação (parcial ou total) e pela velocidade de rotação. Os dados de projeção são utilizados para a reconstrução das imagens, dessa forma, quanto maior a quantidade de dados de projeção (imagens-base), mais informações são obtidas para a reconstrução do volume tomográfico. Entretanto, quanto maior a quantidade de dados de projeção, maior será o tempo de exposição, maior a dose de radiação e maior o tempo de reconstrução. De acordo com o princípio ALARA, o número de imagens-base deve ser minimizado, sempre que possível, para a obtenção de uma imagem com qualidade de diagnóstico (Scarfe e Farman, 2008).

Segundo Scarfe et al. (2012), a redução do grau de rotação de 360 para 180° reduz em 50% a dose de radiação ao paciente. Além disso, a diminuição do número de imagens-base melhora a qualidade porque reduz os artefatos produzidos por movimentação do paciente durante a aquisição das imagens.

2.2. TOMOGRAFIA COMPUTADORIZADA DE FEIXE CÔNICO EM PERIODONTIA

Mengel et al. (2005) investigaram a acurácia e a qualidade da detecção de defeitos periodontais (deiscências, fenestrações, defeitos intraósseos de duas e três paredes e envoltimentos de furca classe I, II e III) em mandíbulas suínas e humanas, por meio de radiografia periapical, radiografia panorâmica, TC e TCFC, comparando com espécimes histológicos (padrão-ouro). Os autores concluíram que a TC e a TCFC mostraram pequeno desvio na extensão dos defeitos periodontais, comparando com espécimes histológicos. Todos os defeitos intraósseos puderam ser medidos nas reconstruções multi-planares da TC e da TCFC, sem sobreposição ou distorção. Os defeitos linguais e vestibulares não puderam ser avaliados nas radiografias. No geral, a TC e TCFC exibiram apenas um ligeiro desvio na extensão dos defeitos periodontais em comparação com as amostras histológicas, com a TCFC mostrando melhor qualidade de imagem.

Em 2006, Misch et al. realizaram um estudo com o objetivo de comparar as mensurações dos defeitos periodontais utilizando radiografias convencionais e TCFC. Defeitos ósseos artificiais foram criados em mandíbulas de crânios secos. O desempenho da TCFC, da radiografia periapical, e de medições diretas utilizando uma sonda periodontal foram comparados com as medidas realizadas com um paquímetro digital, as quais foram utilizadas como padrão de referência. Em todos os defeitos, as medições lineares não revelaram nenhuma diferença estatística entre a sondagem, a radiografia, e a TCFC. Houve uma diferença significativa quando comparadas as medições interproximais utilizando

uma sonda em relação ao padrão-ouro ($P < 0,001$). Entretanto, não houve diferença significativa para a TCFC ou para radiografia. Todos os defeitos ósseos foram identificáveis e mensuráveis diretamente ou com a TCFC. Os defeitos vestibulares e linguais não puderam ser medidos por meio das radiografias. Em geral, todas as três modalidades foram úteis para identificar defeitos periodontais interproximais. Em comparação com as radiografias, a capacidade tridimensional da TCFC ofereceu uma vantagem significativa, pois todos os defeitos puderam ser detectados e quantificados.

Vandenberghe et al. (2007) compararam o uso de radiografias intraorais digitais utilizando um sistema de dispositivo de carga acoplada (CCD) e da TCFC para avaliar os níveis ósseos e defeitos periodontais. Trinta defeitos ósseos periodontais em dois crânios de adultos (com tecidos moles ou substitutos) foram avaliados. Foram analisados a delimitação da cortical alveolar, defeitos tipo crateras, envolvimento de furca (detecção e classificação), contraste e a qualidade do osso. Foram feitas medições dos níveis ósseos periodontais nos crânios (padrão-ouro) e pelas duas técnicas de imagem. As medições variaram de 0,19 a 1,66 mm para as radiografias intraorais e de 0,13 a 1,67 mm para a TCFC. A precisão de imagens não foi significativamente diferente entre as duas modalidades. As radiografias intraorais foram significativamente melhores para analisar contraste, qualidade óssea e delimitar a cortical alveolar, enquanto a TCFC mostrou resultados superiores para avaliar defeitos tipo crateras interdentais e lesões de furca.

Mol e Balasundaram (2008) compararam a acurácia das imagens obtidas com o tomógrafo computadorizado de feixe cônico NewTom 9000 com as radiografias periapicais e interproximais digitais (sistema digital de placas de fósforo), para a detecção e mensuração de defeitos ósseos periodontais. 146 sítios representativos dos seis quadrantes bucais, presentes em 5 crânios humanos macerados foram utilizados para a pesquisa. O padrão-ouro foi obtido medindo-se a distância entre a junção cimento-esmalte (JCE) e a base do defeito com um paquímetro digital. Em cada crânio foram realizadas 14 radiografias

periapicais (série periapical completa) e 4 radiografias interproximais. As medidas obtidas nas radiografias intrabucais foram comparadas às mensurações tomográficas e ao padrão-ouro. Os autores concluíram que a acurácia da TCFC foi menor para os dentes anteriores do que para molares e pré-molares. Apesar disso, as imagens de TCFC forneceram medidas mais próximas ao padrão-ouro em relação às radiografias e apresentaram maiores informações diagnósticas, com relação aos níveis ósseos alveolares vestibulares e linguais.

Özmeric et al. (2008), realizaram um estudo *in vitro* com o objetivo de comparar a TCFC e a radiografia periapical para avaliar o espaço do ligamento periodontal. Foram desenvolvidos modelos para simular o dente, espaço do ligamento periodontal e tecidos circundantes. Estes modelos apresentavam espaços artificiais do ligamento periodontal de dimensões variadas. As avaliações foram feitas simultaneamente com a radiografia periapical e com a TCFC. Depois de aumentos variados na largura do espaço do ligamento periodontal, 15 imagens de radiografia periapical e 15 imagens de TCFC foram julgadas por 20 dentistas, 20 assistentes, e 20 estudantes de Odontologia. Enquanto que os assistentes e estudantes de Odontologia relataram que no espaço de 200 μm as radiografias convencionais foram significativamente superiores em relação à clareza do espaço do ligamento periodontal que as TCFC, para o grupo dos dentistas não houve diferenças entre as modalidades. Nas imagens de TCFC, nenhum dos dentistas reconheceu um espaço com largura de 100 μm e muitos tiveram dificuldade na identificação dos espaços com 200 μm . Apenas 53% reconheceram os espaços corretamente, em contraste com a identificação de 98% das imagens nas radiografias periapicais. Os autores concluíram que o uso da TCFC para avaliação do espaço do ligamento periodontal é inferior quando comparada com as radiografias periapicais, exceto para avaliação das faces livres (vestibular, lingual ou palatina). A TCFC não é a modalidade de escolha para a análise do espaço do ligamento periodontal.

Vandenberghe et al., em 2008, pesquisaram o valor diagnóstico das radiografias periapicais e da TCFC para determinar perda óssea, defeitos intra-

ósseos do tipo crateras e lesões de furca. A precisão das modalidades foi avaliada por medições do nível ósseo, identificação de crateras intra-ósseas e classificação dos envoltimentos de furca. Para a TCFC, foram obtidas reconstruções panorâmicas de 5,2 mm de espessura e cortes parassagittais de 0,40 mm de espessura. As radiografias intraorais foram obtidas pela técnica do paralelismo. Foram avaliados 71 defeitos, em crânios secos de cadáveres humanos, por três observadores. As comparações foram feitas com um padrão-ouro que foi obtido após a descrição, classificação e medição física usando um paquímetro digital, diretamente nos espécimes. As médias de erros para as medições dos níveis ósseos foram de 0,56 mm para as radiografias periapicais e 0,47 mm para a TCFC. A qualidade de imagem para visualizar cortical alveolar, contraste e qualidade óssea foi melhor para as radiografias periapicais. Em relação aos defeitos de crateras e furca não houve diferença entre as radiografias periapicais e a reconstrução panorâmica da TCFC, entretanto, quando se usou o corte parassagittal a descrição da morfologia dos defeitos foi melhor descrita pela TCFC. Na classificação dos defeitos intra-ósseos, as radiografias intraorais foram inferiores à TCFC e nelas não foram identificados 29% dos defeitos tipo crateras e 44% dos defeitos que envolviam a região de furca. Com o uso da TCFC os defeitos foram 100% detectados, sendo que 91% das crateras e 100% do envolvimento de furca foram classificados. A reconstrução panorâmica da TCFC permitiu medições dos níveis ósseos e defeitos periodontais comparáveis com a radiografia intraoral. Os cortes parassagittais da TCFC demonstraram valores próximos ao padrão-ouro, indicando uma avaliação mais exata da perda óssea periodontal. Já nas radiografias periapicais não se pode diferenciar envoltimentos de furca vestibulares ou linguais. Os autores concluíram que o uso da TCFC permitiu uma avaliação mais acurada em se tratando de lesões de furca e crateras.

Noujeim et al., em 2009, avaliaram a acurácia da TCFC com campo de visão (FOV) pequeno e das radiografias periapicais na detecção de perda óssea periodontal interproximal. Foram criadas 163 lesões periodontais de diferentes

profundidades, simuladas em hemimandíbulas humanas secas, na região interdental, na mesial ou distal de cada dente. Os espécimes foram radiografados usando a radiografia periapical convencional e a TCFC. Dez observadores avaliaram as imagens, e os resultados indicaram que a TCFC tem maior valor diagnóstico e acurácia do que as radiografias periapicais na detecção de defeitos ósseos periodontais interproximais.

Walter et al. (2009) investigaram o uso da TCFC para avaliar o envolvimento de furca e as decisões de tratamento concomitantes em molares superiores. Neste estudo, doze pacientes com periodontite crônica generalizada foram consecutivamente recrutados e a TCFC foi realizada nos molares superiores (n = 22) com envolvimento de furca clínico e aumento da profundidade de sondagem de bolsa. As imagens de TCFC foram analisadas, levando-se em conta o envolvimento de furca, o comprimento da raiz suportado pelo osso e as características anatômicas. O envolvimento de furca e o tratamento recomendado baseado nos exames clínicos e nas radiografias periapicais foram comparados com dados provenientes de imagens de TCFC. O grau estimado do envolvimento de furca baseado no quadro clínico foi confirmado em 27% dos sítios, enquanto 29% foram superestimados e 44% foram subestimados pelas análises de TCFC. Nos envoltimentos de furca grau I, 25% foram subestimados, entre os graus II e III, a subestimação era tão alta quanto 75%, enquanto todos os sites com grau III foram confirmados na TCFC. Discrepâncias entre abordagens de tratamento terapêutico baseado clinicamente e na TCFC foram encontrados em 59 a 82% dos dentes, dependendo da recomendação de tratamento mais ou menos invasivo. A aplicação da TCFC permitiu uma avaliação mais clara e detalhada do envolvimento de furca em molares superiores do que com a abordagem convencional (usando medidas clínicas e radiografias periapicais). A análise adicional da TCFC revelou diferenças nas recomendações de tratamento para a maioria dos molares com decisões baseadas em dados convencionais. O emprego desta ferramenta radiográfica para o planejamento terapêutico nos

envolvimentos de furca de molares superiores ajudou no diagnóstico clínico e a evitar intervenções cirúrgica ou endodôntica redundantes.

Grimard et al., em 2009, compararam as medidas de radiografias intrabuciais, imagens de TCFC e medições cirúrgicas diretas para a avaliação dos resultados do tratamento regenerativo. O critério de inclusão foi o diagnóstico prévio de periodontite moderada a avançada, com no mínimo um sítio interproximal com profundidade de bolsa de 5 mm clinicamente e 3 mm radiograficamente. As imagens radiográficas digitais e de TCFC foram tomadas antes do enxerto ósseo inicial e na cirurgia de reabertura após 6 meses para 35 defeitos intraósseos. Após o desbridamento do defeito, medições diretas do defeito ósseo foram feitas com uma sonda periodontal. Essas mesmas medidas foram feitas nas imagens radiográficas e tomográficas e depois comparados com os valores cirúrgicos diretos. A TCFC correlacionou-se fortemente às medidas cirúrgicas, enquanto as medidas radiográficas correlacionaram menos favoravelmente. Medições radiográficas foram significativamente menos precisas em relação à TCFC em todos os parâmetros avaliados e subestimou as medidas cirúrgicas. De modo geral, em comparação com as medidas cirúrgicas diretas, a TCFC foi significativamente mais precisa e exata do que a radiografia.

Walter et al. (2010) avaliaram a acurácia da TCFC na detecção de envolvimento de furca em molares superiores. Neste estudo, 14 pacientes com periodontite crônica generalizada avançada foram consecutivamente recrutados e tratados não cirurgicamente. Nos molares superiores considerados para cirurgia de furca devido ao aumento do envolvimento de furca e/ou aumento da profundidade de sondagem durante a reavaliação, a TCFC foi realizada e o grau de envolvimento de furca foi avaliado a partir das imagens da TCFC. A cirurgia de furca foi realizada em 25 dentes molares superiores. As avaliações intraoperatórias do envolvimento de furca foram comparadas com os dados provenientes de imagens da TCFC. No total, 84% dos dados da TCFC foram confirmados pelos achados intraoperatórios. A concordância maior entre as duas avaliações foi a da furca distopalatal, seguida por vestibular e mesiopalatal. Os

autores concluíram que as imagens da TCFC demonstram uma alta precisão na avaliação da perda dos tecidos periodontais e na classificação do grau de envolvimento de furca em molares superiores.

de Faria Vasconcelos et al. (2012) comparam as radiografias periapicais convencionais com as imagens de TCFC na detecção e localização de perda óssea alveolar. Para isso, compararam medidas lineares de altura, profundidade e largura de defeitos ósseos periodontais em imagens de arquivo de uma Clínica de Radiologia. No total foram 51 sítios apresentando perdas ósseas horizontais, angulares e defeitos ósseos. Os autores não encontraram diferenças entre as duas modalidades de imagem quando avaliaram o padrão de perda óssea. No entanto, as duas modalidades de imagem diferiram na mensuração da altura da crista óssea alveolar. A TCFC permitiu apenas uma visualização mais detalhada dos defeitos ósseos periodontais em três dimensões.

Feijó et al. (2012) realizaram um estudo clínico onde verificaram a acurácia da TCFC na mensuração de perdas ósseas horizontais em seis pacientes com doença periodontal avançada. Foram um total de 8 molares avaliados, sendo que ao redor de cada dente foram medidos 12 sítios. As medidas tomográficas foram comparadas às medidas cirúrgicas, que corresponderam ao padrão-ouro. Os resultados mostraram que não houve diferença significativa entre as mensurações na TCFC e as mensurações cirúrgicas. Os autores concluíram que a TCFC reproduz acuradamente as medidas de perda óssea horizontal.

Fleiner et al., em 2013, conduziram um estudo para avaliar um novo método de mensuração do nível ósseo periodontal em imagens de TCFC. Foi utilizado um crânio humano macerado apresentando perdas ósseas e defeitos periodontais em dentes posteriores (molares e pré-molares). Esse crânio foi submetido a um exame de TCFC e as imagens obtidas foram então importadas para um software especificamente desenvolvido para esse fim. As distâncias entre a junção cimento-esmalte e a crista óssea alveolar foi medida em 6 sítios (mésio-vestibular, vestibular, disto-vestibular, mésio-lingual, lingual e disto-lingual) por três examinadores previamente treinados e calibrados. A sondagem periodontal

manual foi utilizada como padrão-ouro. O novo método de mensuração consistia em utilizar um sistema de coordenadas onde os planos sagital, coronal e axial eram centralizados no dente em estudo de modo que esses planos permanecessem paralelos ao longo eixo dos dentes. Os autores concluíram que esse sistema de mensuração permitiu a obtenção de medidas confiáveis e precisas do nível ósseo, sobretudo nas faces vestibular e lingual.

2.3. ESTUDOS AVALIANDO TAMANHOS DE VOXEL EM TCFC

A resolução espacial das imagens de TCFC é determinada por elementos individuais de volume, os voxels, produzidos a partir do conjunto de dados volumétricos. Em TCFC, a dimensão do voxel depende, primariamente, do tamanho do pixel do detector, ao contrário da TC *multi-slice*, que depende da espessura de corte selecionada. Alguns tomógrafos permitem selecionar um dentre vários tamanhos de voxel disponíveis, sendo que o tamanho do voxel geralmente varia de 0,05 a 0,40 mm. Os voxels em TCFC são chamados de isotrópicos, uma vez que apresentam todas as três dimensões (altura, largura e espessura) iguais (Scarfe e Farman, 2010).

Haiter-Neto et al. (2008) compararam a acurácia de dois sistemas de TCFC (NewTom 3G e Accuitomo 3DX) e de duas modalidades intrabucais (radiografia digital e convencional), no diagnóstico de lesões cariosas. Um total de 100 dentes humanos extraídos foram montados em blocos de silicone e radiografados utilizando o sistema digital Digora FMX e filme convencional (Kodak InSight). Os mesmos dentes foram submetidos a exames de TCFC utilizando três diferentes tamanhos de voxel no tomógrafo NewTom 3G (0,16 mm, 0,25 mm e 0,36 mm), e no tomógrafo Accuitomo 3DX as imagens foram adquiridas com voxel de tamanho 0,125 mm. Seis examinadores independentes avaliaram as imagens quanto a presença de lesões de cárie proximais e oclusais. O diagnóstico de cárie foi validado utilizando o exame histológico dos dentes. Os resultados mostraram

que a sensibilidade foi menor para as imagens obtidas com o NewTom com voxel de 0,25 e 0,36 mm, quando comparadas às imagens do Accuitomo, que foram obtidas com voxel de 0,125 mm. As imagens com voxel de 0,16 e 0,25 mm apresentaram menor especificidade que as radiografias intrabucais (digital e convencional). As imagens obtidas com o NewTom 3G (voxel de 0,16, 0,25 e 0,36 mm) tiveram uma acurácia diagnóstica menor que as radiografias intrabucais e do que as imagens do Accuitomo. As imagens obtidas com o Accuitomo (voxel de 0,125 mm) tiveram maior sensibilidade que as radiografias intrabucais para a detecção de lesões cariosas em dentina.

Liedke et al., em 2009, utilizaram três resoluções diferentes de voxel para avaliar a capacidade diagnóstica *in vitro* da TCFC na detecção de reabsorção radicular externa simulada. Para isso, 59 dentes foram examinados utilizando-se três protocolos de TCFC (voxels de 0,40, 0,30 e 0,20 mm). Um examinador calibrado sem conhecimento do protocolo avaliou as imagens. A análise estatística qui-quadrado não mostrou associações entre a resolução voxel, plano de corte, tamanho da cavidade, e localização na raiz. Os valores de sensibilidade e especificidade foram semelhantes. Os autores concluíram que a TCFC é um método confiável para a investigação de reabsorção radicular externa simulada, e um voxel de 0,30 mm pareceu ser o melhor protocolo, associando um bom desempenho diagnóstico com menor exposição aos raios-X.

Em 2009, Wenzel et al. compararam a acurácia diagnóstica da radiografia periapical digital (sistema Digora Optime®) e das imagens de TCFC obtidas com tamanhos de voxel: 0,125 e 0,25 mm na detecção de fraturas radiculares, em um estudo *in-vitro*. Um total de 69 dentes extraídos foram examinados, sendo que destes, 34 apresentavam fratura radicular e 35 não tinham fratura (controle). Seis examinadores previamente treinados avaliaram as imagens de ambas as modalidades. Os resultados demonstraram que as imagens obtidas com voxel de 0,125 mm apresentaram maior sensibilidade para detecção de fraturas radiculares, quando comparadas às imagens com voxel de 0,25mm e em relação às radiografias periapicais. Não houve diferença significativa entre as

radiografias periapicais e as imagens de TCFC com voxel de 0,25 mm. Em relação à especificidade, as diferenças foram pequenas entre as modalidades. Os autores concluíram que a acurácia foi maior nas imagens de TCFC com voxel de 0,125 mm, quando comparada às outras modalidades. Nesse mesmo estudo, os autores avaliaram também a acurácia das imagens de TCFC com e sem a aplicação de filtros. O filtro *angio-sharpen high-pass* aumentou a acurácia das imagens de TCFC com voxel de 0,125 mm, quando comparadas às imagens com 0,125 mm de voxel sem filtro.

Kamburoğlu et al., em 2010, avaliaram a capacidade diagnóstica de radiografias intrabucais digitais obtidas com um sensor CCD e de imagens de TCFC obtidas com diferentes tamanhos de voxel na detecção de lesões de cárie oclusais. Foram obtidas radiografias digitais de 130 molares mandibulares utilizando um sistema digital e as imagens de TCFC foram adquiridas com três tamanhos de voxel (0,10, 0,20 e 0,30 mm). As imagens foram avaliadas por 4 examinadores quanto à presença de cárie oclusal. Os autores concluíram que todos os tamanhos de voxel são úteis para a detecção de lesões de cárie na superfície oclusal.

Özer, em 2011, realizou um estudo *in-vitro* para comparar a acurácia diagnóstica de imagens de TCFC obtidas com quatro diferentes tamanhos de voxel (0,125, 0,20, 0,30, 0,40 mm) na detecção de fraturas radiculares verticais. 60 dentes foram avaliados, sendo que 30 apresentavam fratura radicular e a outra metade não apresentava. Os autores não encontraram diferenças significantes entre as diferentes resoluções e concluíram que a TCFC é uma ferramenta útil no diagnóstico de fraturas radiculares e que o tamanho de voxel mais indicado para essa finalidade seria 0,20 mm, uma vez que forneceu imagens com boa acurácia e com uma menor dose de radiação.

Neves et al. (2012a) realizaram um estudo *in-vitro* para avaliar a influência dos parâmetros de reconstrução no diagnóstico de reabsorção radicular externa (RRE) em imagens de TCFC obtidas com diferentes tamanhos de voxel. Foram simuladas cavidades semi-esféricas em pré-molares extraídos. Os dentes foram

submetidos a exames de TCFC utilizando-se dois protocolos distintos, variando-se o tamanho do voxel de aquisição (0,25 e 0,30 mm). Após a aquisição, as imagens foram reconstruídas com o mesmo tamanho de voxel (0,25 mm). Os melhores resultados para acurácia e sensibilidade foram encontrados no protocolo que utilizou voxel de aquisição de 0,25 mm; no entanto, especificidade, valor preditivo positivo e negativo foram maiores para o protocolo que utilizou voxel de aquisição 0,30 mm e reconstruídas com voxel de 0,25 mm. Os autores concluíram que o melhor protocolo a ser utilizado para detecção de RRE foi aquele cujas imagens foram adquiridas com voxel de 0,30 mm e reconstruídas com voxel de 0,25 mm, devido ao fato de que os valores diagnósticos terem sido semelhantes ao protocolo com 0,25 mm (0,25 mm), mas com uma dose menor de radiação ao paciente.

Torres et al., em 2012, avaliaram a acurácia de medidas lineares feitas em mandíbulas humanas maceradas utilizando imagens de TCFC adquiridas com diferentes voxels de aquisição. Oito mandíbulas foram utilizadas nesse estudo; seis sítios em cada mandíbula foram selecionados para medição, três em cada lado, na região dos dentes incisivos, pré-molares e molares; esferas metálicas foram utilizadas como marcadores para a localização da região onde seriam feitas as medições nas imagens tomográficas. As imagens foram adquiridas com diferentes tamanhos de voxel: 0,20, 0,25, 0,30 e 0,40 mm. Após a obtenção das imagens, as mandíbulas foram seccionadas no nível dos marcadores e foram realizadas mensurações diretas nas mandíbulas com um paquímetro de alta precisão (padrão-ouro). Os autores não encontraram diferenças significativas nas medidas lineares obtidas com os quatro tamanhos de voxel, quando comparadas ao padrão-ouro, e sugeriram que protocolos que utilizam voxel de 0,30 ou 0,40 mm são preferencialmente indicados para avaliação de medidas lineares para planejamento de implantes, uma vez que a dose de radiação nesses protocolos é reduzida, quando comparada àquela dos protocolos com voxel de 0,20 mm.

Waltrick et al. (2013) avaliaram a acurácia de medidas lineares e a visibilidade do canal mandibular em imagens de TCFC obtidas com diferentes

tamanhos de voxel. Doze hemi-mandíbulas humanas secas foram escaneadas utilizando três diferentes tamanhos de voxel: 0,20, 0,30 e 0,40 mm; dois examinadores treinados realizaram avaliações de medidas lineares e de visualização do canal mandibular em 108 cortes transversais da região posterior das mandíbulas. Os autores concluíram que os três tamanhos de voxel foram adequados para visualização do canal mandibular e para as mensurações lineares. Segundo os autores, o voxel de 0,30 mm é o ideal pois fornece imagens de boa qualidade e com uma baixa dose de radiação.

2.4. ESTUDOS AVALIANDO GRAUS DE ROTAÇÃO EM TCFC

Em TCFC o número de imagens-base pode ser determinado pela seleção do ângulo de rotação - 180º, 360º ou 270º (para alguns tomógrafos)-e/ou tempo de rotação. Quanto maiores o ângulo de rotação e o tempo de rotação, mais imagens-base são adquiridas, melhor a qualidade das imagens e maior também será a dose de radiação. Alguns estudos se propuseram a avaliar o efeito do ângulo de rotação (número de imagens-base) no diagnóstico em TCFC. A seguir, segue uma revisão desses estudos:

Em 2009, Lofthag-Hansen comparou dois tomógrafos computadorizados de feixe cônico: Accuitomo 3D (FOV de 3x4 cm) e Accuitomo 3D FPD (FOV de 4x4 cm e 6x6 cm). Imagens do crânio de um phantom foram obtidas utilizando as duas unidades, variando quilovoltagem (kV), miliamperagem (mA), grau de rotação e FOV. Sete examinadores avaliaram subjetivamente a qualidade da imagem para duas finalidades diagnósticas: avaliação da região periapical e planejamento de implantes na região posterior. A avaliação periapical, tanto na maxila como na mandíbula, requereu os maiores parâmetros de exposição, quando comparada ao planejamento de implantes. Em relação ao planejamento de implantes, a avaliação da mandíbula requereu maiores parâmetros de exposição do que a maxila. Os autores concluíram também que uma redução

substancial na dose de radiação poderia ser obtida sem perda de informação diagnóstica utilizando uma rotação de 180°, principalmente para planejamento de implantes na região posterior da maxila. A adaptação dos parâmetros de aquisição de acordo com a finalidade diagnóstica pode gerar uma redução significativa na dose de radiação ao paciente.

Durack et al. (2011) compararam a acurácia diagnóstica da radiografia periapical e da TCFC na detecção de reabsorção radicular externa (RRE). Além disso, avaliaram também a influência de diferentes graus de rotação (360 e 180°) do conjunto tubo-detector no diagnóstico dessas lesões. Foram simuladas lesões de reabsorção radicular externa de dois tamanhos (1,0 x 0,5 mm e 0,5 x 0,25 mm) em dez dentes anteriores (incisivos) de três mandíbulas maceradas. Após a confecção das cavidades, os dentes foram recolocados nos alvéolos e as mandíbulas foram radiografadas e tomografadas. As radiografias foram obtidas utilizando um sistema digital de placa de fósforo e as tomografias foram realizadas no Accuitomo 3D 80; as tomografias foram adquiridas em dois protocolos distintos, cuja diferença entre eles era apenas o grau de rotação do conjunto tubo-detector (180 e 360°). Oito examinadores avaliaram as imagens radiográficas e tomográficas quanto à presença ou ausência de RRE, utilizando uma escala de 5 pontos. Os autores chegaram à conclusão de que as radiografias periapicais são limitadas para o diagnóstico de RRE e que a TCFC é um método válido e confiável para a detecção dessas lesões, sendo superior às radiografias. Além disso, o protocolo que utilizou uma rotação de 360° não se mostrou superior ao de 180°, sendo que foi possível diagnosticar as mesmas lesões nos dois protocolos.

Lennon et al. (2011) investigaram o efeito do grau de rotação (180° vs 360°) em TCFC no diagnóstico de lesões periapicais artificialmente criadas. Pequenas lesões periapicais, com diâmetro menor que 2 mm, foram produzidas na região apical da raiz distal de 10 molares inferiores, em mandíbulas maceradas. As imagens foram adquiridas no tomógrafo Accuitomo 3D FPD, utilizando dois protocolos distintos, variando entre eles apenas o grau de rotação (360° e 180°), permanecendo constantes os outros parâmetros de aquisição. Dez

examinadores avaliaram as imagens quanto à presença ou ausência das lesões. Os valores médios de sensibilidade foram 0,91 para 360° de rotação e de 0,89 para o protocolo de 180°. Não houve diferenças estatísticas entre os dois protocolos. Os autores concluíram que, para o diagnóstico de lesões periapicais, o protocolo de 180° de rotação deve ser indicado por apresentar acurácia similar ao de 360° e uma menor dose de radiação.

Lofthag-Hansen et al., em 2011, fizeram um estudo no qual avaliaram subjetivamente a qualidade das imagens de TCFC obtidas com diferentes parâmetros de aquisição e diferentes FOV. Os autores avaliaram o desempenho de diferentes protocolos, com o intuito de verificar se é possível reduzir os parâmetros de aquisição e ainda assim obter uma imagem com qualidade diagnóstica. As duas finalidades diagnósticas avaliadas foram: avaliação periapical e planejamento de implantes. Um phantom foi utilizado para obtenção das imagens em dois tomógrafos: Accuitomo 3D (FOV de 3x4 cm) e Accuitomo 3D FPD (FOV de 4x4 cm e 6x6 cm). As imagens foram adquiridas utilizando diferentes combinações de kV (60, 65, 70, 75, 80) e diferentes combinações de mA (2, 4, 6, 8 e 10), com diferentes graus de rotação do tubo (180° e 360°). O valor do produto dose-área (DAP) foi obtido para cada combinação. Sete examinadores avaliaram as imagens subjetivamente em uma escala de seis pontos. Os resultados mostraram que, em relação ao tamanho do FOV, os melhores escores foram obtidos utilizando-se o FOV de 4x4 cm e 6x6 cm, seguido pelo de 3x4 cm. Com relação à finalidade diagnóstica, parâmetros de exposição maiores (kV e mA) foram necessários para a avaliação periapical; para o planejamento de implantes, foram necessários maiores fatores de exposição para a mandíbula, quando comparada à maxila. Os protocolos que utilizaram uma rotação de 180° geraram imagens com boa qualidade, mas com uma dose reduzida de radiação, sem perda de informação diagnóstica. Dessa maneira, uma rotação de 180° pode ser recomendada especialmente para planejamento de implantes na região posterior de maxila.

Hassan et al. (2012) avaliaram a influência do tamanho do FOV, do número de imagens-base (grau de rotação) e do modo de escaneamento na visualização do canal radicular. Uma mandíbula de cadáver humano foi utilizada para a pesquisa; o espécime foi submetida a exames de TCFC utilizando 24 protocolos de aquisição, sendo estes uma combinação de seis tamanhos de FOV (4x4 cm, 6x6 cm, 8x8cm, 10x10 cm, 14x10 cm e 17x12cm), com dois diferentes graus de rotação (360 e 180º) e dois modos de resolução (padrão e alta resolução). As imagens foram adquiridas no tomógrafo Accuitomo 170. Dez examinadores avaliaram a qualidade da imagem (visualização) do canal radicular nas imagens obtidas nos diferentes protocolos, utilizando para esse fim uma escala de 5 pontos. Os examinadores avaliaram a visualização do canal radicular nos três cortes (axial, coronal e sagital). Os resultados mostraram que o tamanho do FOV exerceu influência na visualização do canal radicular, sendo que FOVs menores forneceram as melhores visualizações e FOVs maiores mostraram os piores resultados. Houve uma influência significativa do grau de rotação na visualização do canal radicular nos cortes coronal e sagital, mas não nos axiais. O modo de escaneamento não influenciou na visualização do canal radicular. Os autores sugerem que deva ser utilizado o menor tamanho de FOV possível para avaliação do canal radicular e que não é recomendado diminuir o grau de rotação para 180º quando da avaliação dessa estrutura, uma vez que essa redução provoca um aumento no nível de ruído da imagem e uma perda de informação diagnóstica.

Neves et al. (2012b) avaliaram a influência do grau de rotação (180º e 360º) nas mensurações para planejamento de implantes na mandíbula. Oito mandíbulas humanas maceradas foram utilizadas para o estudo. Os autores selecionaram cinco regiões (incisivo, canino, pré-molar, 1º molar e 2º molar) para medida em cada mandíbula. As imagens foram adquiridas utilizando o tomógrafo i-Cat Next Generation, com dois protocolos de aquisição diferentes entre si apenas no grau de rotação (180º e 360º) do conjunto tubo-detector. Dois examinadores realizaram as medidas de altura óssea nas regiões selecionadas nos cortes

transversais da TCFC. As mandíbulas foram, posteriormente, seccionadas ao nível das regiões selecionadas e foram realizadas mensurações nas mesmas utilizando-se um paquímetro digital; essas medidas corresponderam ao padrão-ouro. Não houve diferenças estatisticamente significantes entre as medidas obtidas nos dois protocolos e o padrão-ouro, exceto para a região de segundo molar no protocolo de 360°. Os dois protocolos forneceram medidas acuradas de altura óssea e precisas para planejamento de implantes; os autores recomendam a utilização do protocolo com rotação de 180° devido a diminuição da dose de radiação ao paciente.

Bechara et al. (2013) avaliaram a acurácia diagnóstica de imagens de TCFC obtidas com 180° e 360° de rotação para a detecção de fraturas radiculares em dentes endodonticamente tratados. Neste estudo *in-vitro*, 66 dentes (33 fraturados e 33 controles) foram examinados no tomógrafo Accuitomo 3D utilizando 76 kV, 6 mA, tamanho de voxel de 0,125 mm e FOV de 6x6 cm, variando apenas o grau de rotação do aparelho (180° ou 360°), resultando em dois protocolos estudados. As imagens foram avaliadas por cinco examinadores a cerca da presença ou ausência de fratura radicular. Os resultados mostraram que a sensibilidade e a acurácia não foram significativamente diferentes nos dois protocolos; no entanto, a especificidade foi significativamente maior no protocolo que utilizou rotação de 360°. Segundo os autores, apenas a especificidade é aumentada quando se aumenta o grau de rotação do conjunto tubo-detector; conseqüentemente, há uma redução da taxa de falsos-positivos. A redução do número de imagens-base (grau de rotação) seria a solução para diminuição dos artefatos gerados por estruturas de alta densidade, como por exemplo, cones de guta-percha, o que justificaria a sua utilização clínica quando da pesquisa de fraturas radiculares em dentes tratados endodonticamente.

Hashem et al. (2013) avaliaram a acurácia de medidas lineares realizadas em mandíbulas de porco em imagens de TCFC obtidas com rotação completa do tubo (360°) e rotação parcial (180°). Doze hemi-mandíbulas suínas foram examinadas no tomógrafo Accuitomo 3D utilizando 180 e 360° de rotação. Os

outros fatores de exposição foram mantidos constantes: 60 kV, 2 mA, FOV de 4x4 cm. Seis examinadores avaliaram as imagens e fizeram mensurações lineares de determinadas estruturas anatômicas: 1. Espessura de dentina; 2. Distância linear do corno pulpar mesial até o assoalho da câmara pulpar; 3. Distância linear do corno pulpar distal até o assoalho da câmara pulpar; 4. Espaço do ligamento periodontal mesial; e 5. Espaço do ligamento periodontal distal. As medidas tomográficas foram comparadas às medidas realizadas nos espécimes (padrão-ouro). Não houve diferenças significativas entre as medidas obtidas nos dois protocolos e o padrão-ouro. Os autores concluíram que é possível obter medidas lineares precisas utilizando-se uma rotação parcial do tubo e, conseqüentemente, uma menor dose de radiação ao paciente.

Morant et al. (2013) realizaram um estudo com o objetivo de calcular as doses efetivas e doses a determinados órgãos, de diferentes protocolos de aquisição do tomógrafo i-Cat Next Generation, utilizando a técnica computacional de Monte-Carlo. Os protocolos avaliados consistiram de combinações de nove tamanhos de FOV disponíveis no aparelho com os dois graus de rotação (180 e 360°). Modelos computacionais de phantoms adultos dos gêneros masculino e feminino foram utilizados na pesquisa; esses phantoms consistem de representações digitais tridimensionais da anatomia humana. O produto dose-área (DAP) foi calculado para cada protocolo. Para os protocolos que utilizaram uma rotação de 360°, os valores de DAP variaram entre 181 mGy cm² e 556 mGy cm². Já para os protocolos com 180° de rotação, os valores de DAP, as doses efetivas e doses a órgãos como tireoide e glândulas salivares foram 40% menores, quando comparados aos protocolos com rotação completa. As doses efetivas e doses a órgãos específicos dependem do tamanho do FOV utilizado, do grau de rotação selecionado e do posicionamento do feixe em relação a órgãos radiosensíveis. Os autores salientam que, no i-Cat Next Generation, o tubo rotaciona atrás da cabeça do paciente nos protocolos com 180° de rotação, o que diminui a exposição à radiação de órgãos como a tireoide.

3. PROPOSIÇÃO

O objetivo neste estudo foi comparar, *in vitro*, a influência de seis protocolos de aquisição de imagem em TCFC, combinando-se dois graus de rotação do aparelho (180° e 360°) com três tamanhos de voxel (0,20, 0,30 e 0,40 mm), na visualização das estruturas periodontais e mensuração do nível ósseo alveolar.

4. MATERIAL E MÉTODOS

Este trabalho foi, previamente, submetido e aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Faculdade de Odontologia de Piracicaba, da Universidade Estadual de Campinas - FOP/UNICAMP – Protocolo CEP nº. 085/2012 (anexo).

4.1. AMOSTRA

A amostra deste estudo consistiu de 24 exames de Tomografia Computadorizada de Feixe Cônico obtidos de 4 crânios macerados, provenientes da Clínica de Radiologia do Departamento de Diagnóstico Oral, da Faculdade de Odontologia de Piracicaba, os quais foram adquiridos utilizando-se seis diferentes protocolos. Nestes crânios, para avaliação do nível ósseo alveolar, foram selecionados 64 sítios que apresentavam perda óssea – distância entre a junção cimento-esmalte e a crista óssea alveolar – maior do que 2 mm ao redor dos dente pré-molares e molares, superiores e inferiores.

4.2. MENSURAÇÕES NOS CRÂNIOS

As mensurações diretas nos crânios secos representaram o referencial da pesquisa, ou padrão-ouro, e foram utilizadas para comparação com as medidas encontradas nos exames de TCFC. Essas medidas físicas corresponderam à sondagem clínica dos sítios. Esse procedimento foi realizado previamente à aquisição das imagens e foi realizado em toda a amostra por um único examinador previamente treinado

Os sítios corresponderam aos locais onde foram realizadas as medidas de referência nos crânios e nas imagens tomográficas. Inicialmente, o nível ósseo

alveolar foi medido, com uma sonda periodontal, em oito sítios (mesial, méso-vestibular, disto-vestibular, vestibular, méso-lingual, disto-lingual, lingual/palatino e distal) ao redor de cada dente. Em seguida, foi selecionado, dentre os oito sítios sondados, aquele que apresentava maior medida de nível ósseo alveolar. Dessa forma, um único sítio foi escolhido por dente. Foi colado na junção cimento-esmalte (JCE), de cada um dos sítios escolhidos, um pequeno fragmento de gutapercha para orientação quanto ao local das medidas nas imagens.

Para realizar as mensurações físicas nos crânios foi utilizada a sonda periodontal da Universidade da Carolina do Norte (Hu-Friedy, Chicago, EUA) munida com um “*stop*” de borracha. Foi medida a distância da JCE até a crista óssea alveolar, em cada sítio selecionado, de tal forma que o “*stop*” de borracha coincidissem com a JCE (Figura 1). Essa distância obtida com o “*stop*” de borracha foi, em seguida, medida com um paquímetro digital, com precisão de 0,1mm (Digimess®, São Paulo, Brasil). A média de três medidas consecutivas foi utilizada como padrão-ouro.

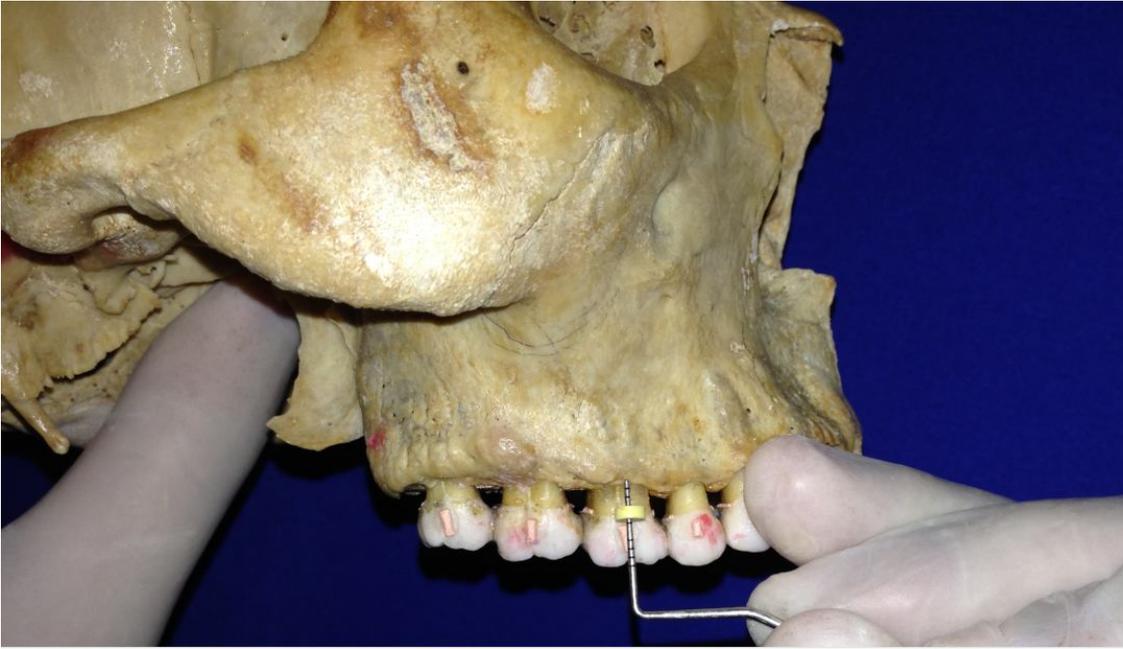


Figura 1: Mensuração do sítio selecionado (vestibular do primeiro molar superior direito), com a sonda periodontal munida de “stop” de borracha. Notar os marcadores de guta-percha indicando os sítios selecionados.

4.3. AQUISIÇÃO DAS IMAGENS

Após a realização das mensurações físicas, cada crânio foi submetido a exames de Tomografia Computadorizada de Feixe Cônico.

O exame de TCFC foi realizado no aparelho i-CAT Next Generation (Imaging Sciences International, Hatfield, PA, EUA) utilizando-se seis protocolos de aquisição (Tabela 1), os quais consistiram de combinações diferentes de três tamanhos de voxel (0,20, 0,30 e 0,40 mm) com os dois diferentes graus de rotação permitidos para cada tamanho de voxel (180° e 360°). Os seis protocolos de aquisição utilizaram os mesmos fatores de exposição: 120 kVp e 5 mA. Os crânios foram posicionados no Tomógrafo de tal maneira que o plano oclusal superior permaneceu paralelo ao solo e o plano sagital mediano perpendicular. O tamanho de FOV selecionado foi de 16 x 8,5 cm, para que pudessem ser visualizadas completamente tanto a maxila quanto a mandíbula. Durante a aquisição, os crânios estiveram submersos em água (Figura 2), dentro de um recipiente plástico, a fim de fornecer adequada atenuação e espalhamento do feixe de radiação X, de acordo com a metodologia empregada por Mol e Balasundaram (2008).

Tabela 1: Características dos protocolos de aquisição das imagens de TCFC

Protocolo	Tamanho do Voxel	Grau de Rotação	Tempo de exposição
1	0,20 mm	180°	14,7s
2	0,20 mm	360°	26,9s
3	0,30 mm	180°	4,8s
4	0,30 mm	360°	8,9s
5	0,40 mm	180°	4,8s
6	0,40 mm	360°	8,9s



Figura 2: Posicionamento do crânio dentro de um recipiente plástico e submerso em água para exame de TCFC.

4.4. AVALIAÇÃO DAS IMAGENS TOMOGRÁFICAS

As imagens de TCFC foram geradas no formato .xstd e exibidas no *software* XoranCat, versão 3.0.34 (*Xoran Technologies*, Ann Arbor, MI, EUA). Antes da avaliação, elas foram codificadas pelo pesquisador responsável para que pudessem ser apresentadas aos examinadores. Posteriormente, esse código foi utilizado como referência para a identificação do protocolo de aquisição.

Três examinadores, radiologistas com pelo menos três anos de experiência na área, avaliaram as imagens em ambiente silencioso e com iluminação reduzida, utilizando monitor de LCD de 15” com resolução de 1366 x 768 *pixels*. Esses examinadores foram treinados em sessão prévia à de avaliação, na qual foi demonstrada aos mesmos a maneira como deveriam avaliar e medir as imagens. Nesta sessão, foram utilizadas imagens que não pertenciam à pesquisa.

Inicialmente, foi realizada uma avaliação subjetiva sobre a qualidade das imagens. Nessa avaliação, os examinadores julgaram a qualidade das imagens adquiridas com os seis diferentes protocolos com relação à visibilidade e nitidez das estruturas periodontais: cortical alveolar, espaço do ligamento periodontal e trabeculado ósseo, tanto nos cortes sagitais como nos coronais. Para isso, utilizaram uma escala ordinal de 0 a 3, de acordo com a metodologia empregada por Vandenbergue et al. (2008): onde 0 = ausência de visibilidade, 1 = pobre visibilidade, 2 = visualização razoável e 3 = ótima visualização.

Após a avaliação qualitativa, os examinadores percorreram os cortes axiais até o nível da junção cimento-esmalte dos dentes. Em seguida, utilizando esse mesmo corte axial como referência, os planos sagital e coronal foram rotacionados de modo que o plano sagital e o plano coronal interceptassem o dente em estudo paralelamente ao seu longo eixo (Figura 3), de acordo com a metodologia empregada por Fleiner et al. (2013). Essa metodologia permitiu uma

melhor visualização do osso alveolar nos dois planos de corte, além de facilitar as mensurações lineares do nível ósseo.

Os examinadores percorreram os cortes sagitais e coronais corrigidos até encontrarem a imagem radiopaca dos marcadores de guta-percha; esses marcadores indicavam o local exato onde deveriam ser realizadas as mensurações (Figuras 4 e 5). Nos cortes sagitais foram medidas as distâncias da junção cimento-esmalte (JCE) à crista alveolar (CA) das áreas interproximais. Já nos cortes coronais foram medidas as distâncias da JCE à CA nas regiões vestibular e lingual.

As mensurações foram realizadas em quatro diferentes sessões. Após 1 mês, a amostra foi reavaliada, de forma randomizada, para determinação dos índices de concordâncias intra- e interexaminador.

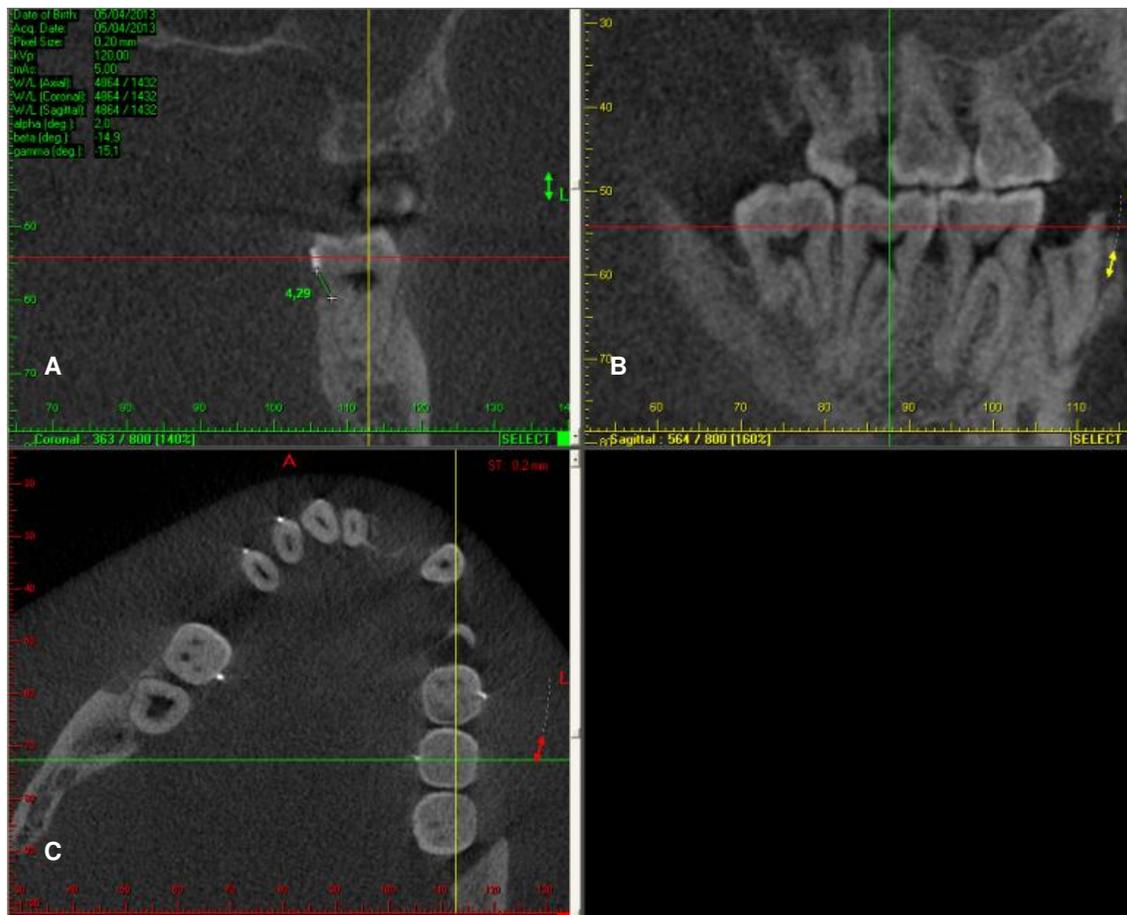


Figura 3: Imagens dos cortes após a rotação dos planos. A. Corte Coronal; B. Corte Sagital; C. Corte axial de referência, ao nível da JCE dos dentes. Notar que os planos em ambos os cortes, sagital e coronal, estão paralelos ao longo eixo do dente em estudo (37). Observar também neste dente, o marcador de guta-percha na face lingual, indicando o sítio de mensuração do nível ósseo.

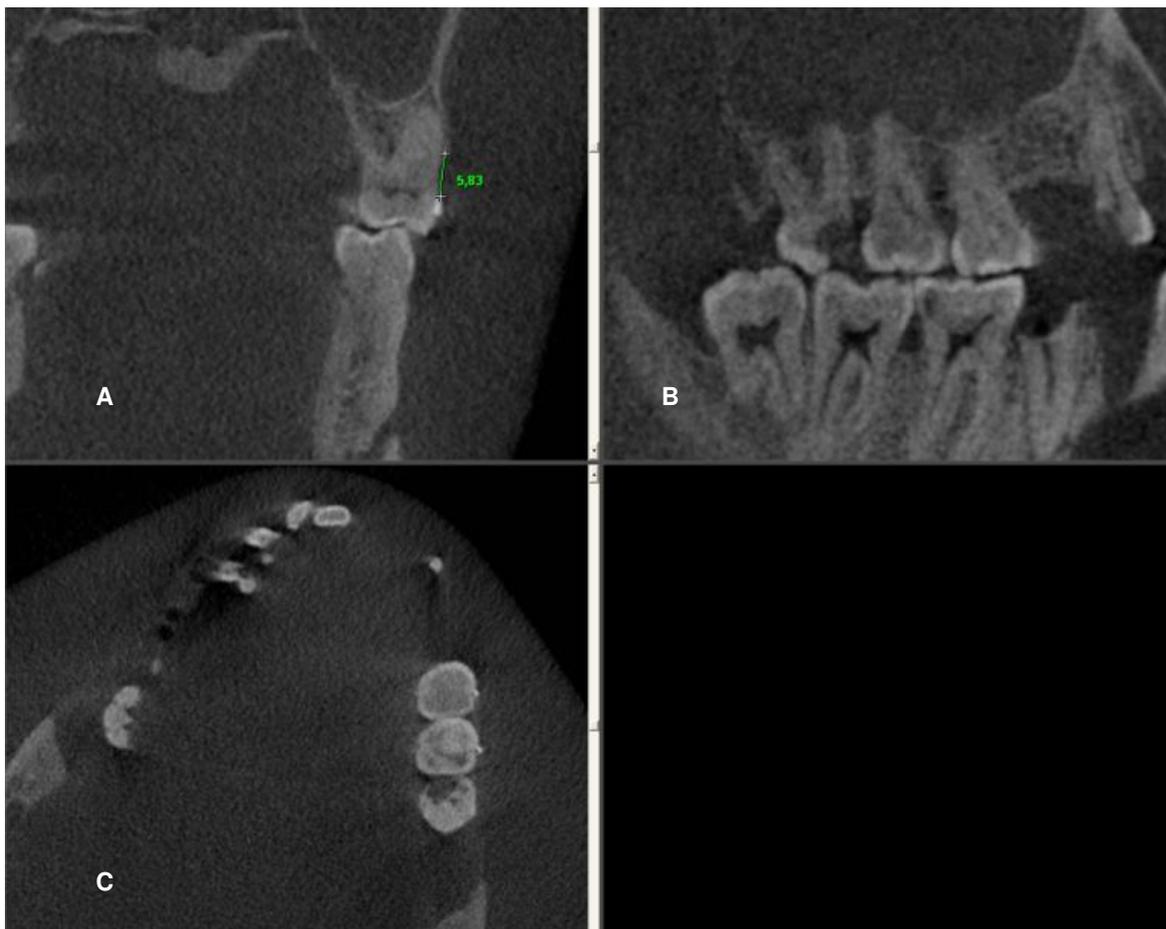


Figura 4: A. Corte coronal mostrando a medida do nível ósseo alveolar na face vestibular do segundo molar superior esquerdo (26). Observar que a medida do nível ósseo correspondeu à distância, em milímetros, do marcador de guta-percha à crista óssea alveolar. B. Corte sagital da região de molares superiores do lado esquerdo; C. Corte axial de referência ao nível da JCE do dente 26. Observar os marcadores de guta-percha (hiperdensos).

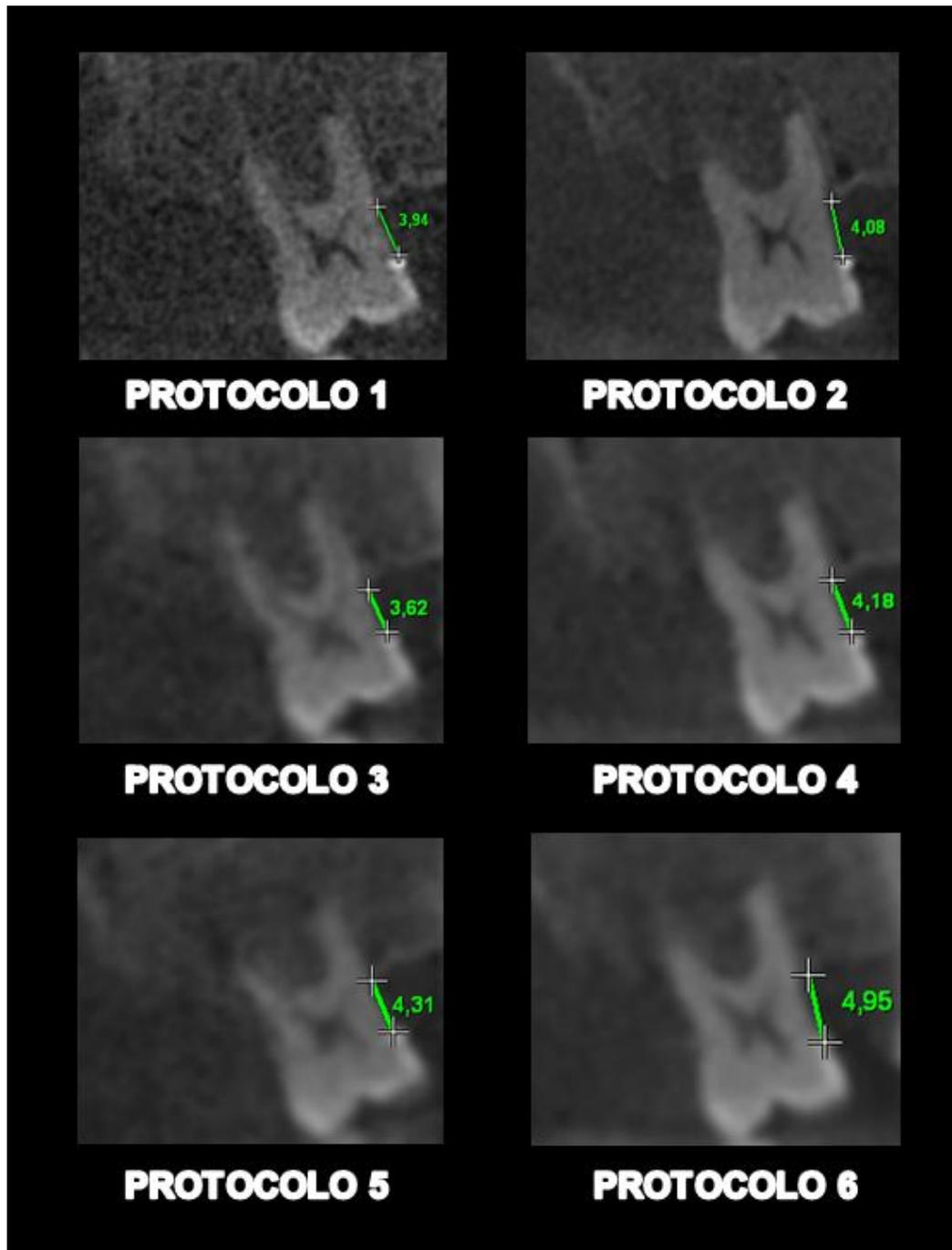


Figura 5: Exemplos de imagens mostrando a mensuração do nível ósseo alveolar na face mesial do segundo molar superior direito (27), nos seis protocolos de aquisição.

4.5. ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os dados foram tabulados em fichas individuais e, em seguida, digitados em uma planilha do programa Microsoft Excell 2010 (Microsoft Inc., EUA).

Para a avaliação qualitativa, o índice Kappa ponderado foi utilizado para avaliar as concordâncias intra- e interexaminador. As médias dos escores para cada uma das três estruturas avaliadas, em cada um dos protocolos de aquisição, foram comparadas utilizando-se a Análise de Variância (ANOVA). Teste de Tukey foi utilizado para demonstrar diferenças significativas entre os escores atribuídos às estruturas periodontais avaliadas nos diferentes protocolos.

Para os dados quantitativos, após a análise exploratória dos mesmos, foram avaliadas as concordâncias intra- e interexaminador por meio do coeficiente de correlação intraclassa (ICC). Os dados quantitativos foram inicialmente avaliados com relação à sua distribuição e simetria, por meio dos coeficientes de curtose e de assimetria. As medidas diretas nos crânios (padrão-ouro) foram comparadas às medidas obtidas nas imagens tomográficas. O erro de medida foi calculado subtraindo-se o valor da medida tomográfica em cada sítio do valor obtido com o padrão-ouro. A diferença considerada nesse estudo foi a diferença verdadeira ou real. A comparação entre as médias de erro dos diferentes protocolos foi feita por meio da Análise de Variância (ANOVA). O Teste de Tukey foi utilizado para demonstrar diferenças significativas entre as médias de erros entre os protocolos, comparando-os dois a dois. O nível de significância adotado foi de 5% para todas as análises.

5. RESULTADOS

5.1. AVALIAÇÃO QUALITATIVA

De acordo com as informações mostradas na Tabela 2, pôde-se verificar que o coeficiente Kappa ponderado variou entre 0,61 e 0,84 demonstrando uma concordância intraexaminador de substancial a quase perfeita (vide anexo 2 – Tabela 7), de acordo com os critérios propostos por Viera e Garrett (2005).

Tabela 2:Concordância intraexaminador da avaliação qualitativa sobre os diferentes protocolos de aquisição das imagens.

Examinador	Estrutura	Coeficiente Kappa ponderado	Valor-p (H ₀ : Dados simétricos)
1	Cortical alveolar	0,655	0,976
	Espaço do lig. periodontal	0,647	0,985
	Trabeculado ósseo	0,644	0,808
2	Cortical alveolar	0,810	0,676
	Espaço do lig. Periodontal*	-	-
	Trabeculado ósseo	0,846	0,808
3	Cortical alveolar	0,720	0,677
	Espaço do lig. periodontal	0,618	0,900
	Trabeculado ósseo	0,797	0,919

*Dados ausentes devido a erro do examinador 2 na avaliação da determinada estrutura.

Tabela 3: Concordância interexaminador da avaliação qualitativa sobre os diferentes protocolos de aquisição das imagens.

Estrutura	Avaliadores contrastados	Coefficiente Kappa ponderado	Valor-p (H ₀ : Tabela simétrica)
Cortical alveolar	1 vs 2	0,542	0,790
	1 vs 3	0,467	0,507
	2 vs 3	0,610	0,501
Espaço do ligamento periodontal	1 vs 2	0,324	0,871
	1 vs 3	0,492	0,423
	2 vs 3	0,288	0,887
Trabeculado ósseo	1 vs 2	0,714	0,887
	1 vs 3	0,553	0,649
	2 vs 3	0,653	0,632

A Tabela 3 mostra que o coeficiente Kappa ponderado variou entre 0,28 e 0,71, demonstrando que o grau de concordância interexaminador variou entre razoável e substancial para avaliação qualitativa das três estruturas periodontais nas imagens de TCFC obtidas com os diferentes protocolos de aquisição, também de acordo com os critérios propostos por Viera e Garret, 2005 (vide anexo 2).

Tabela 4: Média, desvio-padrão, limites de confiança e Teste de Tukey dos escores de visualização das estruturas periodontais nos seis protocolos de aquisição.

Estrutura	Protocolo	Média	Desvio-padrão	Limites de Confiança		Teste de Tukey ($\alpha=0,05$)
				Superior	Inferior	
Cortical alveolar ¹	1	1,29	0,25	1,69	0,89	C B
	2	2,58	0,52	3,41	1,76	A
	3	1,42	0,58	2,35	0,48	B
	4	1,42	0,40	2,05	0,78	B
	5	0,29	0,37	0,88	-0,29	C
	6	1,58	0,50	2,38	0,79	B A
Espaço do ligamento periodontal ²	1	1,92	0,09	2,07	1,76	B
	2	2,75	0,21	3,09	2,41	A
	3	0,83	0,50	2,07	-0,41	C
	4	1,04	0,08	1,17	0,91	C
	5	0,83	0,14	1,05	0,62	C
	6	0,96	0,16	1,21	0,70	C
Trabeculado ósseo ³	1	1,42	0,50	2,21	0,62	B
	2	2,92	0,17	3,18	2,65	A
	3	0,96	0,08	1,09	0,83	C B
	4	1,17	0,24	1,54	0,79	B
	5	0,58	0,21	0,93	0,24	C
	6	0,96	0,08	1,09	0,83	C B

*Letras distintas indicam diferença estatisticamente significativa, segundo teste de Tukey.

A Tabela 4 mostra as médias dos escores atribuídos pelos examinadores para a qualidade de visualização de cada uma das três estruturas periodontais – cortical alveolar, espaço do ligamento periodontal e trabeculado ósseo – nos seis protocolos de aquisição. Para a visualização da cortical alveolar, o protocolo 2 não diferiu significativamente do protocolo 6, embora a média deste último tenha sido inferior. Não foram observadas diferenças significativas entre os protocolos 3 e 4 e também entre os protocolos 1 e 5.

Sobre o espaço do ligamento periodontal, o protocolo 2 apresentou média significativamente superior aos demais protocolos. O protocolo 1, por sua vez, foi significativamente inferior ao protocolo 2, e superior aos demais. Não foram observadas diferenças significativas entre os protocolos 3, 4, 5 e 6.

Em relação ao trabeculado ósseo, o protocolo 2 também foi significativamente superior aos outros protocolos. O protocolo 4 não diferiu significativamente do protocolo 3, embora tenha apresentado escores superiores. O mesmo aconteceu com o protocolo 6, em relação ao protocolo 5. Não houve diferenças estatisticamente significantes entre os protocolos 1, 3, 4 e 6.

5.2. AVALIAÇÃO QUANTITATIVA

Conforme pode ser observado na Tabela 5, houve uma excelente concordância intra- e interexaminador. Os valores médios de coeficiente de correlação intraclasse foram superiores a 0,99, demonstrando que os examinadores recrutados para a pesquisa foram bastante confiáveis na mensuração do nível ósseo alveolar.

Tabela 5: Concordâncias intra- e interexaminador das mensurações do nível ósseo alveolar

Análise	Examinador	ICC
Intraexaminador	1	0,998 ¹
	2	0,999 ¹
	3	0,999 ¹
Interexaminador	-	0,996 ²

¹Shrout & Fleiss fixed set (3,1)

² Shrout & Fleiss random set (2,1)

Com base nos resultados das concordâncias intra- e interexaminador, optou-se por unificar as duas medidas tão fortemente correlatas. Para evitar eventuais divergências, foram utilizadas as médias das duas medidas.

A Tabela 6 mostra as médias de erro (erro verdadeiro) dos diferentes protocolos de aquisição, bem como os resultados da ANOVA e do teste de Tukey que foram realizados para a comparação entre os protocolos.

Tabela 6: Médias de erro, desvio-padrão, limites de confiança e teste de Tukey das medidas do nível ósseo obtidas nos seis protocolos de aquisição.

Protocolo	Média	Desvio-padrão	Limite de Confiança		Tukey ($\alpha=0,05$)
			Superior	Inferior	
1	-0,080	0,313	-0,002	-0,159	B
2	-0,006	0,095	0,017	-0,030	B
3	-0,088	0,437	0,021	-0,197	B
4	-0,108	0,226	-0,051	-0,164	B
5	0,578	0,930	0,810	0,345	A
6	0,342	0,822	0,547	0,137	A

*Letras distintas indicam diferença estatisticamente significativa, segundo teste de Tukey.

A Análise de Variância (ANOVA) mostrou a existência de diferenças entre as médias verdadeiras de erro de, pelo menos, dois dos protocolos estudados ($p < 0,0001$). De acordo com o teste de Tukey, os protocolos 5 e 6 diferiram significativamente dos protocolos 1, 2, 3 e 4. Os protocolos 5 e 6, que utilizaram voxel de 0,40 mm, apresentaram as maiores médias de erro (Tabela 3) em relação aos outros protocolos. No entanto, não se observou diferença significativa entre os dois, quando comparados entre si. Comparando-se protocolos com o mesmo tamanho de voxel, não observou-se diferença significativa entre os graus de rotação.

6. DISCUSSÃO

Neste experimento, com o intuito de evitar possível viés em medir o nível ósseo alveolar, foram selecionados somente sítios localizados nos pré-molares e molares. De acordo com Mol & Balasundaram (2008), a acurácia da TCFC para a detecção de perdas ósseas alveolares nos dentes anteriores é baixa devido à dificuldade de se medir o nível ósseo nesta região com esta modalidade de exame por imagem; entretanto, na região posterior, esta acurácia é até mesmo superior em relação às radiografias intrabucais.

Em relação à qualidade de visualização das imagens adquiridas com os diferentes protocolos, observou-se que a concordância intraexaminador variou de substancial a quase perfeita, demonstrando a forte confiabilidade de cada examinador consigo mesmo na avaliação das imagens (Tabela 2). Um fato a ser esclarecido é que o examinador 2 errou ao avaliar o espaço do ligamento periodontal, impedindo a aplicação do teste estatístico de concordância para a referida estrutura. Entretanto, a concordância interexaminador neste estudo variou entre 0,28 e 0,71, demonstrando um grau de concordância de razoável a substancial entre os três observadores. Esta ampla e semelhante variação também foi encontrada por Lennon et al. (2011), quando avaliaram a qualidade de imagens de TCFC com diferentes parâmetros de aquisição; e representa o caráter pessoal e subjetivo deste tipo de avaliação qualitativa em imagens de TCFC.

De um modo geral, o aumento no tamanho do voxel resultou em uma redução significativa da qualidade de visualização das estruturas periodontais (cortical alveolar, espaço do ligamento periodontal e trabeculado ósseo). Observou-se uma discrepância nos resultados relacionados à visualização da cortical alveolar. Para esta estrutura, o protocolo 2 (que utilizou voxel de 0,20 mm) não diferiu significativamente do protocolo 6 (voxel de 0,40 mm) como também os protocolos 1 (voxel 0,20 mm) e 5 (voxel de 0,40 mm) não diferiram entre si. Tal fato pode ser atribuído a uma possível dificuldade de visualização dessa estrutura nas imagens tomográficas, uma vez que o mesmo não ocorreu com relação às

outras duas estruturas periodontais. Deste modo, com exceção da cortical alveolar, escores de qualidade superiores foram atribuídos aos protocolos que utilizaram o menor tamanho de voxel, devido à maior resolução espacial. Estes achados estão parcialmente de acordo com os de Lofthag-Hansen (2009) que demonstraram a necessidade de menor FOV e menor tamanho do voxel para a correta visualização tanto do espaço do ligamento periodontal como também da cortical alveolar. Com relação a esta última estrutura periodontal, os resultados desses autores divergiram dos nossos, provavelmente devido a maior concordância interexaminador naquele estudo.

Os protocolos que utilizaram voxel de 0,30 e 0,40 mm não mostraram diferenças significativas entre si, no entanto, os escores atribuídos a estes foram significativamente inferiores àqueles atribuídos aos protocolos 1 e 2, exceto o protocolo 5 com relação à visualização da cortical alveolar. Os estudos de Vandenbergue et al. (2007) e de Vandenbergue et al. (2008), em que avaliaram a qualidade de visualização das estruturas periodontais em imagens de TCFC obtidas com voxel de 0,40 mm, também mostraram uma visualização inferior dessas estruturas nas tomografias, quando comparadas às radiografias periapicais.

Quando foram comparados os protocolos com o mesmo tamanho de voxel, observou-se que para o voxel de 0,20 mm, o protocolo com 360° de rotação foi superior na visualização das três estruturas periodontais; para o voxel de 0,30 mm, não foram observadas diferenças significativas entre o grau de rotação na visualização das três estruturas periodontais; o voxel de 0,40 mm também não mostrou diferenças significativas entre os graus de rotação, excetuando-se, a visualização da cortical alveolar para a qual o protocolo com rotação parcial foi inferior. Esses resultados são devidos, possivelmente, ao fato de as estruturas periodontais apresentarem dimensões reduzidas (milimétricas), sobretudo o espaço do ligamento periodontal e a cortical alveolar e deste modo, voxels de 0,30 e 0,40 mm, que estão relacionados a uma resolução espacial menor da imagem, exerceram uma influência maior do que o grau de rotação. A visualização da

cortical alveolar mostrou resultados diferentes das outras estruturas, o que pode ter ocorrido pelo fato desta estrutura não ser completamente visível nas imagens de TCFC.

Lofthag-Hansen (2009) e Lofthag-Hansen et al. (2011) afirmaram que para se obter uma boa visualização de estruturas como o espaço do ligamento periodontal, o osso trabecular e a cortical alveolar é necessário utilizar parâmetros como menor tamanho de voxel e maior número de imagens-base adquiridas. Os resultados do nosso estudo reiteram essa hipótese, uma vez que, de modo geral, o protocolo que forneceu imagens com melhor qualidade de visualização foi aquele com menor tamanho de voxel e rotação completa do tubo.

No que diz respeito à mensuração do nível ósseo alveolar, os examinadores apresentaram excelentes concordâncias (intra- e interexaminador), apresentando valores médios de coeficiente de correlação intraclassa (ICC) superiores a 0,99. Estes dados demonstraram a confiabilidade dos examinadores e garantem a precisão dos resultados das medidas neste trabalho. Vandenbergue et al., 2007 encontraram valores de ICC superiores a 0.98, semelhantes ao presente estudo; esses autores compararam as medidas de nível ósseo alveolar em imagens de TCFC e de radiografias periapicais digitais. Já no estudo de Misch et al., 2005 o valor de ICC para concordância interexaminador foi de 0.65, inferior ao presente estudo. Essa diferença pode ser atribuída à metodologia utilizada nesse estudo, que avaliou outras modalidades de imagem além da TCFC.

Quando comparadas as médias de erro entre os diferentes protocolos, observou-se a existência de diferenças significativas entre as médias verdadeiras de, pelo menos, dois dentre os protocolos estudados. Os protocolos 5 e 6 (que utilizaram o maior tamanho de voxel) apresentaram médias de erro significativamente maiores que a dos outros protocolos. Os protocolos 1, 2, 3 e 4, por sua vez, não apresentaram médias de erro significativamente diferentes entre si. Dessa maneira, pode-se inferir que o tamanho do voxel interferiu diretamente no resultado dos protocolos de modo que o aumento do tamanho do voxel acarretou maiores médias de erro nos protocolos avaliados. A maior média de erro

encontrada foi de 0,57 mm para o protocolo 5, e segundo Mol (2004) e Brägger (2005), os erros superiores a 0,50 mm têm importante significado clínico. Dessa maneira, o protocolo 5 apresentou uma média de erro clinicamente significativa, o que contraindica sua utilização para avaliação periodontal. A média de erro do protocolo 5 foi superior às médias de erro relatadas em outros estudos, como os de Misch et al. (2005), Vandenbergue et al. (2008) e de Feijó et al. (2012), que encontraram, respectivamente, diferenças de 0,41 mm, 0,29 mm e 0,40 mm entre as medidas de nível ósseo nas imagens de TCFC e o padrão-ouro.

Voxel de 0,40 mm acarretou erros significativamente superiores aos de 0,30 e 0,20 mm, quando das mensurações do nível ósseo. O tamanho do voxel também influenciou outras tarefas como a detecção de lesões cariosas no estudo de Haiter-Neto et al. (2008), no qual imagens obtidas com o tomógrafo NewTom 3G (voxel de 0,16, 0,25 e 0,36 mm) tiveram uma acurácia diagnóstica menor que as imagens obtidas com o Accuitomo 3DX (voxel de 0,125 mm). Wenzel et al. (2009) também observaram que o tamanho do voxel influenciou a acurácia das imagens de TCFC para diagnóstico de fraturas radiculares; os resultados desse estudo demonstraram que as imagens obtidas com voxel de 0,125 mm apresentaram maior sensibilidade para detecção de fraturas radiculares, quando comparadas às imagens com voxel de 0,25mm.

Por outro lado, Özer (2011), não encontrou diferenças significativas entre os tamanhos de voxel 0,125, 0,20, 0,30, 0,40 mm na detecção de fraturas radiculares. Além disso, Torres et al. (2012) e Waltrick et al. (2013), não encontraram diferenças significativas nas medidas lineares para planejamento de implantes mandibulares utilizando tamanhos de voxel de 0,20, 0,30 e 0,40 mm.

O tamanho do voxel está diretamente relacionado à quantidade de detalhe na imagem, sendo que uma resolução maior é desejável para algumas finalidades diagnósticas como, por exemplo, detecção de fraturas radiculares. Na literatura é possível encontrar estudos que avaliaram perdas ósseas alveolares em imagens de TCFC utilizando diferentes tamanhos de voxel: Vandenbergue et al. (2007) e Vandenbergue et al. (2008) utilizaram voxel de 0,40 mm. Por outro lado, alguns

utilizaram voxel de 0,16 mm (Fleiner et al., 2013), outros 0,20 mm (Feijó et al., 2012; Grimard et al., 2009) e 0,30 mm (Mol & Balasundaram, 2008). Neste estudo, os protocolos que utilizaram voxel de 0,20 e 0,30 não apresentaram médias de erro significativamente diferentes entre si, embora as médias de erro dos protocolos 3 e 4 tenham sido discretamente superiores. A escolha do tamanho do voxel está condicionada a um equilíbrio entre a resolução requerida para o diagnóstico e a dose de radiação envolvida. No i-Cat Next Generation, quanto menor o tamanho do voxel selecionado, maior o tempo de exposição e maior a dose de radiação fornecida ao paciente. Do ponto de vista quantitativo, os tamanhos de voxel de 0,20 e 0,30 mm não interferem diretamente nas mensurações do nível ósseo periodontal.

Comparando-se protocolos com o mesmo tamanho de voxel, verificou-se que o grau de rotação não influenciou as medidas do nível ósseo alveolar. A redução no grau de rotação do conjunto tubo-detector (de 360 para 180°) aumentou a média de erro das mensurações, entretanto as médias de erro dos protocolos com mesmo tamanho de voxel e com diferentes graus de rotação não são significativamente diferentes entre si. Esses resultados corroboram com os de Lennon et al. (2011) que observaram que os protocolos de 180° de rotação tiveram acurácia semelhante ao protocolo com rotação de 360° para a detecção de lesões periapicais. Neves et al. (2012) também demonstraram que o grau de rotação não influenciou na obtenção de medidas lineares no planejamento de implantes na mandíbula; Hashem et al. (2013) não verificaram diferenças significativas nas mensurações lineares (largura da câmara pulpar, mensuração do espaço do ligamento periodontal, tamanho da câmara pulpar) realizadas em imagens de TCFC obtidas com 180 e 360° de rotação.

A redução do grau de rotação leva a uma redução no número de imagens-base adquiridas, o que reduz a dose de exposição do paciente à radiação. Segundo Morant et al. (2013), no tomógrafo i-Cat Next Generation, nos protocolos com 180° de rotação, as doses de radiação foram 40% menores, quando

comparados aos protocolos com rotação completa. Dessa forma, todo esforço deve ser feito no intuito de reduzir a exposição do paciente à radiação, quando da realização de exames de TCFC. Imagens com alta qualidade não são necessárias para todas as finalidades de diagnóstico. Sempre que possível, deve-se optar por protocolos com menor dose de radiação, desde que essa redução na dose não cause uma perda da qualidade de diagnóstico da imagem (Scarfe e Farman, 2010).

Clinicamente, pode-se afirmar que a escolha do protocolo mais adequado para a avaliação periodontal esteja diretamente relacionada à finalidade do exame. Caso a finalidade do exame seja apenas a quantificação da perda óssea, medindo-se o nível ósseo periodontal, pode-se optar por protocolos que utilizem o tamanho do voxel de 0,30 mm e rotação parcial do tubo, uma vez que esse protocolo fornece imagens com qualidade semelhante àquelas obtidas com o protocolo que utiliza o mesmo tamanho de voxel, com 360° de rotação. As médias de erro associadas a esse protocolo são semelhantes àquelas dos protocolos que utilizam voxel de 0,20 mm; além disso, o protocolo com 180° de rotação reduz em 40% a dose de radiação ao paciente (Morant et al., 2013). Em outras palavras, a escolha desse protocolo respeita o princípio da otimização da dose e o princípio ALARA, que deve ser sempre levado em consideração quando da realização de exames que envolvam radiação ionizante (Farman, 2005). Entretanto, para os casos onde a qualidade da imagem seja de fundamental importância, como por exemplo, no planejamento de casos complexos de cirurgia periodontal, levantamento de seio, avaliação pré-operatória de enxertos e visualização de defeitos periodontais e lesões de furca, deve-se selecionar o protocolo tomográfico com a combinação do menor tamanho de voxel e de rotação completa do tubo (360°), considerando que ao selecionar o voxel de 0,20 mm, existe uma influência significativa entre os graus de rotação para a qualidade subjetiva da imagem. Também é importante ressaltar que o presente estudo trata-se de uma pesquisa

in-vitro e, deste modo, mais estudos são necessários para comprovar a eficácia clínica destes protocolos.

7. CONCLUSÃO

Com base nos resultados obtidos no presente estudo *in vitro*, pode-se concluir que do ponto de vista:

- da qualidade subjetiva da imagem, a combinação do menor tamanho de voxel (0,20 mm) com o grau de rotação total (360º) proporciona uma visualização significativamente melhor das estruturas periodontais.

- quantitativo, com relação à mensuração do nível ósseo alveolar, os tamanhos do voxel de 0,20 e 0,30 mm, independente dos graus de rotação total (360º) ou parcial (180º), apresentam a mesma acurácia.

REFERÊNCIAS*

Arai Y, Tammisalo E, Iwai K, Hashimoto K, Shinoda K. Development of a compact computed tomographic apparatus for dental use. *Dentomaxillofac Radiol.* 1999; 28(4):245-8.

Bechara B, McMahan CA, Nasseh I, Geha H, Hayek E, Khawam G, Raad M, Noujeim M. Number of basis images effect on detection of root fractures in endodontically treated teeth using a cone beam computed tomography machine: an in vitro study. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol.* 2013; 115(5):676-81.

Bhatavadekar NB, Paquette DW. Long-term follow-up and tomographic assessment of an intrabony defect treated with enamel matrix derivative. *J Periodontol.* 2008; 79:1802–1808.

Brägger U. Radiographic parameters: biological significance and clinical use. *Periodontol 2000.* 2005;39:73-90.

Corbet EF, Ho DK, Lai SM. Radiographs in periodontal disease diagnosis and management. *Aust Dent J.* 2009; 54 Suppl 1:S27-43.

de Faria Vasconcelos K, Evangelista K, Rodrigues CD, Estrela C, de Sousa TO, Silva MAG. Detection of periodontal bone loss using cone beam CT and intraoral radiography. *Dentomaxillofac Radiol.* 2012; 41(1): 64-9.

* De acordo com a norma da UNICAMP/FOP, baseadas na norma do International Committee of Medical Journal Editors – Grupo de Vancouver. Abreviatura dos periódicos em conformidade com o Medline.

du Bois AH, Kardachi B, Bartold PM. Is there a role for the use of volumetric cone beam computed tomography in periodontics? *Aust Dent J.* 2012; 57 Suppl 1:103-8.

Durack C, Patel S, Davies J, Wilson R, Mannocci F. Diagnostic accuracy of small volume cone beam computed tomography and intraoral periapical radiography for the detection of simulated external inflammatory root resorption. *Int Endod J.* 2011; 44(2):136-47.

Farman AG. ALARA still applies. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2005; 100(4):395-7.

Feijo CV, Lucena JG, Kurita LM, Pereira SL. Evaluation of cone beam computed tomography in the detection of horizontal periodontal bone defects: an in vivo study. *Int J Periodontics Restorative Dent.* 2012; 32(5):e162-8.

Fleiner J, Hannig C, Schulze D, Stricker A, Jacobs R. Digital method for quantification of circumferential periodontal bone level using cone beam CT. *Clin Oral Investig.* 2013; 17(2):389-96.

Grimard BA, Hoidal MJ, Mills MP, Mellonig JT, Nummikoski PV, Mealey BL. Comparison of clinical, periapical radiograph, and cone-beam volume tomography measurement techniques for assessing bone level changes following regenerative periodontal therapy. *J Periodontol.* 2009; 80:48–55.

Haiter-Neto F, Wenzel A, Gotfredsen E. Diagnostic accuracy of cone beam computed tomography scans compared with intraoral image modalities for detection of caries lesions. *Dentomaxillofac Radiol.* 2008; 37(1):18-22.

Hashem D, Brown JE, Patel S, Mannocci F, Donaldson AN, Watson TF, Banerjee A. An in vitro comparison of the accuracy of measurements obtained from high- and low-resolution cone-beam computed tomography scans. *J Endod.* 2013; 39(3):394-7.

Hassan BA, Payam J, Juyanda B, van der Stelt B, Wesselink PR. Influence of scan setting selections on root canal visibility with cone beam CT. *Dentomaxillofac Radiol.* 2012; 41(8): 645-648.

Jeffcoat MK, Wang IC, Reddy MS. Radiographic diagnosis in periodontics. *Periodontol 2000.* 1995; 7:54-68.

Jenkins WMM, Brocklebank LM, Winning SM, Wylupek M, Donaldson A, Strang RM. A comparison of two radiographic assessment protocols for patients with periodontal disease. *Br Dent J.* 2005; 198(9): 565-9.

Jervoe-Storm PM, Hagner M, Neugebauer J, Ritter L, Zöllner JE, Jepsen S, Frentzen M. Comparison of cone-beam computerized tomography and intraoral radiographs for determination of the periodontal ligament in a variable phantom. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2010 ;109(2):95-101.

Kamburoğlu K, Murat S, Yüksel SP, Cebeci AR, Paksoy CS. Occlusal caries detection by using a cone-beam CT with different voxel resolutions and a digital intraoral sensor. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2010; 109(5):e63-9.

Lennon S, Patel S, Foschi F, Wilson R, Davies J, Mannocci F. Diagnostic accuracy of limited-volume cone-beam computed tomography in the detection of periapical bone loss: 360° scans versus 180° scans. *Int Endod J.* 2011; 44(12):1118-27.

Liedke GS, da Silveira HE, da Silveira HL, Dutra V, de Figueiredo JA. Influence of voxel size in the diagnostic ability of cone beam tomography to evaluate simulated external root resorption. *J Endod.* 2009; 35(2):233-5.

Lofthag-Hansen S, Thilander-Klang A, Gröndahl K. Evaluation of subjective image quality in relation to diagnostic task for cone beam computed tomography with different fields of view. *Eur J Radiol.* 2011 Nov; 80(2):483-8.

Lofthag-Hansen S. Cone beam computed tomography radiation dose and image quality assessments. *Swed Dent J Suppl.* 2009; (209):4-55.

Mengel R, Candir M, Shiratori K, Flores-de-Jacoby L. Digital volume tomography in the diagnosis of periodontal defects: an in vitro study on native pig and human mandibles. *J Periodontol.* 2005; 76(5):665-73.

Misch KA, Yi ES, Sarment DP. Accuracy of cone beam computed tomography for periodontal defect measurements. *J Periodontol.* 2006; 77(7):1261-6.

Mol A, Balasundaram A. In vitro cone beam computed tomography imaging of periodontal bone. *Dentomaxillofac Radiol.* 2008; 37(6):319-24.

Mol A. Imaging methods in periodontology. *Periodontol 2000.* 2004; 34:34-48.

Morant JJ, Salvadó M, Hernández-Girón I, Casanovas R, Ortega R, Calzado A. Dosimetry of a cone beam CT device for oral and maxillofacial radiology using Monte Carlo techniques and ICRP adult reference computational phantoms. *Dentomaxillofac Radiol.* 2013; 42(3): 92555893.

Mozzo P, Procacci C, Tacconi A, Martini PT, Andreis IA. A new volumetric CT machine for dental imaging based on the cone-beam technique: preliminary results. *Eur Radiol.* 1998; 8(9):1558-64.

Neves FS, de Freitas DQ, Campos PS, de Almeida SM, Haiter-Neto F. In vitro comparison of cone beam computed tomography with different voxel sizes for detection of simulated external root resorption. *J Oral Sci.* 2012; 54(3):219-25.

Neves FS, Vasconcelos TV, Campos PS, Haiter-Neto F, Freitas DQ. Influence of scan mode (180°/360°) of the cone beam computed tomography for preoperative dental implant measurements. *Clin Oral Implants Res.* 2012; 1-4.

Noujeim M, Prihoda T, Langlais R, Nummikoski P. Evaluation of high-resolution cone beam computed tomography in the detection of simulated interradicular bone lesions. *Dentomaxillofac Radiol.* 2009; 38(3):156-62.

Özer SY. Detection of vertical root fractures by using cone beam computed tomography with variable voxel sizes in an in vitro model. *J Endod.* 2011; 37(1):75-9.

Özmeric N, Kostiuoutchenko I, Hägler G, Frentzen M, Jervøe-Storm PM. Cone-beam computed tomography in assessment of periodontal ligament space: in vitro study on artificial tooth model. *Clin Oral Investig.* 2008 Sep; 12(3):233-9.
Periodontol 2000. 1995; 7:54-68.

Perschbacher S. Periodontal Diseases. In: White SC, Pharoah MJ. *Oral Radiology: principles and interpretation.* St. Louis; 2009. 282-283.

Safety and Efficacy of a New and Emerging Dental X-ray Modality. (2012) Radiation Protection no. 172: Cone Beam CT for Dental and Maxillofacial Radiology (Evidence-based Guidelines). Available at: http://www.sedentexct.eu/files/radiation_protection_172.pdf.

Scarfe WC, Farman AG, Levin MD, Gane D. Essentials of maxillofacial cone beam computed tomography. *Alpha Omegan*. 2010 Jun; 103(2):62-7.

Scarfe WC, Farman AG, Sukovic P. Clinical applications of cone-beam computed tomography in dental practice. *J Can Dent Assoc*. 2006; 72:75-80.

Scarfe WC, Farman AG. What is cone-beam CT and how does it work?. *Dent Clin North Am*. 2008; 52(4):707-30.

Scarfe WC, Li Z, Aboelmaaty W, Scott SA, Farman AG. Maxillofacial cone beam computed tomography: essence, elements and steps to interpretation. *Aust Dent J*. 2012; 57 Suppl 1:46-60.

Torres MG, Campos PS, Segundo NP, Navarro M, Crusoé-Rebello I. Accuracy of linear measurements in cone beam computed tomography with different voxel sizes. *Implant Dent*. 2012; 21(2):150-5.

Tugnait A, Clerehugh V, Hirschmann PN. The usefulness of radiographs in diagnosis and management of periodontal diseases: a review. *J Dent*. 2000; 28(4):219-26.

Vandenberghe B, Jacobs R, Yang J. Detection of periodontal bone loss using digital intraoral and cone beam computed tomography images: an in vitro assessment of bony and/or infrabony defects. *Dentomaxillofac Radiol*. 2008; 37(5):252-60.

Vandenberghe B, Jacobs R, Yang J. Diagnostic validity (or acuity) of 2D CCD versus 3D CBCT-images for assessing periodontal breakdown. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2007; 104(3):395-401.

Viera AJ, Garrett JM. Understanding interobserver agreement: the kappa statistic. *Fam Med.* 2005 May;37(5):360-3.

Walter C, Kaner D, Berndt DC, Weiger R, Zitzmann NU. Three-dimensional imaging as a pre-operative tool in decision making for furcation surgery. *J Clin Periodontol.* 2009; 36:250– 257.

Walter C, Weiger R, ZitzmannNU. Accuracy of three-dimensional imaging in assessing maxillary molar furcation involvement. *J Clin Periodontol.* 2010; 37:436– 441.

Waltrick KB, Nunes de Abreu Junior MJ, Corrêa M, Zastrow MD, Dutra VD. Accuracy of linear measurements and visibility of the mandibular canal of cone-beam computed tomography images with different voxel sizes: an in vitro study. *J Periodontol.* 2013; 84(1):68-77.

Wenzel A, Haiter-Neto F, Frydenberg M, Kirkevang LL. Variable-resolution cone-beam computerized tomography with enhancement filtration compared with intraoral photostimulable phosphor radiography in detection of transverse root fractures in an in vitro model. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2009; 108(6):939-45.

ANEXOS

ANEXO 1: CERTIFICADO DE APROVAÇÃO DO COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA

	
COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA FACULDADE DE ODONTOLOGIA DE PIRACICABA UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS	
CERTIFICADO	
<p>O Comitê de Ética em Pesquisa da FOP-UNICAMP certifica que o projeto de pesquisa "Estudo in vitro sobre a eficácia de diferentes protocolos de aquisição de imagem em tomografia computadorizada de feixe cônico: influência do grau de rotação e do tempo de exposição na avaliação de estruturas periodontais e na mensuração do nível ósseo alveolar", protocolo nº 085/2012, dos pesquisadores Paulo de Tarso Silva de Macedo e Guilherme Monteiro Tosoni, satisfaz as exigências do Conselho Nacional de Saúde - Ministério da Saúde para as pesquisas em seres humanos e foi aprovado por este comitê em 28/11/2012.</p>	
<p>The Ethics Committee in Research of the School of Dentistry of Piracicaba - State University of Campinas, certify that the project "Efficacy of different image acquisition protocols in cone beam computed tomography: influence of scan degree and exposure time on evaluation of periodontal structures and on alveolar bone height determination in vitro study", register number 085/2012, of Paulo de Tarso Silva de Macedo and Guilherme Monteiro Tosoni, comply with the recommendations of the National Health Council - Ministry of Health of Brazil for research in human subjects and therefore was approved by this committee at 11/28/2012.</p>	
 Prof. Dra. Livia Maria Andaló Tenuta Secretária CEP/FOP/UNICAMP	 Prof. Dr. Jacks Jorge Junior Coordenador CEP/FOP/UNICAMP

ANEXO 2:

Tabela 7: Critérios para interpretação do Coeficiente Kappa

Coeficiente Kappa	Descrição	Conceito
$-\infty$ — 0,00	Concordância completamente casual	Pobre
0,00 — 0,20	Concordância muito fraca, possivelmente casual	Ligeira
0,20 — 0,40	Concordância fraca, mas aceitável com pouco rigor	Razoável
0,40 — 0,60	Concordância intermediária, nem forte, nem fraca	Moderada
0,60 — 0,80	Concordância forte, sólida. Provavelmente não casual	Substancial
0,80 — 1,00	Concordância muito forte, muito confiável	Quase perfeita
1,00	Concordância perfeita	Perfeita

Fonte: Viera e Garrett, 2005.