

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
FACULDADE DE ODONTOLOGIA

MATHEUS ANDRÉ TELÖKEN

QUANTIFICAÇÃO DE ARTEFATOS EM TOMOGRAFIA DE FEIXE CÔNICO
GERADOS POR RETENTORES INTRARRADICULARES FUNDIDOS EM DUAS
DIFERENTES LIGAS E INFLUÊNCIA DO FILTRO DE NITIDEZ

Porto Alegre

2018

MATHEUS ANDRÉ TELÖKEN

QUANTIFICAÇÃO DE ARTEFATOS EM TOMOGRAFIA DE FEIXE CÔNICO
GERADOS POR RETENTORES INTRARRADICULARES FUNDIDOS EM DUAS
DIFERENTES LIGAS E INFLUÊNCIA DO FILTRO DE NITIDEZ

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso de Graduação em
Odontologia da Faculdade de Odontologia
da Universidade Federal do Rio Grande do
Sul, como requisito parcial para obtenção
do título de Cirurgião-Dentista.

Orientadora: Profa. Dra. Vania Regina
Camargo Fontanella

Coorientadora: Profa. Dra. Cristiane
Machado Mengatto

Porto Alegre
2018

CIP - Catalogação na Publicação

Telöken, Matheus André

Quantificação de artefatos em tomografia de feixe cônico gerados por retentores intrarradiculares fundidos em duas diferentes ligas e influência do filtro de nitidez / Matheus André Telöken. -- 2018.
30 f.

Orientadora: Vania Regina Camargo Fontanella.

Coorientadora: Cristiane Machado Mengatto.

Trabalho de conclusão de curso (Graduação) -- Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Faculdade de Odontologia, Curso de Odontologia, Porto Alegre, BR-RS, 2018.

1. Técnica para retentor intrarradicular. 2. Tomografia computadorizada de feixe cônico. 3. Artefatos. I. Fontanella, Vania Regina Camargo, orient. II. Mengatto, Cristiane Machado, coorient. III. Título.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço à minha família.

Aos meus pais por estarem sempre ao meu lado, oferecendo apoio incondicional. Ao meu tio Beto, por ser um exemplo de profissional e por me guiar na escolha da profissão, além de fornecer todo o suporte necessário para a confecção deste trabalho.

À minha companheira e namorada Lia, por todo o amor e carinho, e por estar ao meu lado mesmo nos momentos mais difíceis.

À coorientadora, professora Cristiane, e à professora Naira, pela disponibilidade e prestatividade sempre que as solicitei.

Em especial à professora Vânia, que me orientou com maestria, dedicação e paciência, por quem tenho grande admiração.

Por último, agradeço a todos os amigos que ganhei durante o período da graduação e que estiveram sempre ao meu lado, principalmente nesta última e importante etapa.

Este trabalho também foi construído graças a vocês.

RESUMO

O presente estudo objetivou quantificar *in vitro* a intensidade do artefato produzido por retentores fundidos em cobre-alumínio-zinco (CAZ) e níquel-cromo (NC) em imagens de tomografia computadorizada por feixe cônico (TCFC), assim como o efeito da aplicação de filtros de nitidez com diferentes intensidades. Para tanto, 25 incisivos bovinos de dimensões semelhantes foram tratados endodonticamente e para cada um deles foram fundidos dois núcleos com diferentes ligas metálicas: cobre-alumínio-zinco (CAZ) e níquel-cromo (NC). Estes foram submetidos a TCFC e as imagens foram preparadas no *software* On Demand 3D. Para cada volume adquirido foram selecionadas três imagens axiais: a mais apical que registrasse toda a circunferência do retentor (A); a mais cervical que registrasse toda a circunferência radicular (C); e a intermediária aos dois cortes anteriormente descritos, representativa do terço médio do retentor (M), cada uma sem a aplicação de filtro de nitidez (S), com nitidez níveis 1 e 2. As três imagens com diferentes filtros do mesmo corte axial e dente/retentor foram avaliadas quanto ao desvio-padrão da intensidade de *pixel na dentina*. A reprodutibilidade intra e interexaminador foi excelente (ICC = 0,997; $p=0,000$ e ICC = 0,998; $p=0,000$, respectivamente). O artefato gerado pelo metal, expresso pelo desvio-padrão da intensidade de *pixels* da dentina, foi significativamente maior para a liga NC em comparação à liga CAZ, em todos os níveis de mensuração (cortes A, M, C) e padrões de nitidez (S, 1x, 2x) (Teste de Mann-Whitney, $p\leq 0,01$). A intensidade de artefato não variou significativamente em função do corte avaliado, para nenhuma das ligas ou filtros em estudo (Teste de Kruskal-Wallis), ou seja, o efeito foi uniforme ao longo do retentor. Por outro lado, a intensidade de artefato variou significativamente em função do filtro, para ambas as ligas e nos três níveis de corte avaliados (Teste de Mann-Whitney, $p\leq 0,01$). Quanto mais nitidez aplicada à imagem, maior o artefato. Não houve diferenças significativas apenas entre S e 1 na liga CAZ nos cortes A e C. Conclui-se que retentores intrarradiculares fundidos em ligas metálicas de diferentes densidades acarretam diferentes níveis de artefatos sobre a dentina, expressos pelo desvio-padrão na intensidade de *pixels*, ao longo de sua extensão, sem variar da região cervical ao ápice do retentor, se intensificando com a aplicação de filtros de nitidez.

Palavras-chave: Técnica para retentor intrarradicular. Tomografia computadorizada de feixe cônico. Artefatos.

ABSTRACT

This study aimed to quantify in vitro the intensity of the artifact produced by copper-aluminum-zinc (CAZ) and nickel-chromium (NC) post and cores in cone beam computed tomography (CBCT) images, as well as the effect of sharpness filters application with different intensities. For this purpose, 25 bovine incisors with similar dimensions were endodontically treated and for each of them, two post and cores with different alloys were cast: copper-aluminum-zinc (CAZ) and nickel-chromium (NC). These were submitted to CBCT and the images were prepared in On Demand 3D software. For each volume acquired, three axial images were selected: the most apical that recorded the entire circumference of the retainer (A); the most cervical that registers the entire radicular circumference (C); and the intermediate one to the two cuts described above, representative of the middle third of the retainer (M), each without the application of sharpness filter (S), with clear levels 1 and 2. The three images with different filters of the same axial cut and tooth / retainer were evaluated for the standard deviation of the pixel intensity in dentin. The intra- and inter-examiner reproducibility was excellent (ICC = 0.997, $p = 0.000$ and ICC = 0.998, $p = 0.000$, respectively). The artifact generated by the metal, expressed by the standard deviation of the intensity of the dentin pixels, was significantly higher for the NC alloy compared to the CAZ alloy at all measurement levels (A, M, C cuts) and sharpness patterns (S, 1x, 2x) (Mann-Whitney test, $p \leq 0.01$). The artifact intensity did not vary significantly as a function of the cutoff evaluated for any of the alloys or filters under study (Kruskal-Wallis test), ie, the effect was uniform throughout the retainer. On the other hand, the artifact intensity varied significantly as a function of the filter, for both alloys and in the three cut levels evaluated (Mann-Whitney test, $p \leq 0.01$). The sharper applied to the image, the larger the artifact. There were no significant differences only between S and 1 in the CAZ alloy in sections A and C. It was concluded that root retainers cast in metal alloys of different densities lead to different levels of artifacts on dentin, expressed by the standard deviation in the intensity of pixels, along its length, without varying from the cervical region to the apex of the retainer, intensifying with the application of sharpening filters.

Keywords: Post and core technique. Cone-beam computed tomography. Artifacts.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	6
2	ARTIGO CIENTÍFICO.....	9
3	CONCLUSÃO.....	27
	REFERÊNCIAS	28

1 INTRODUÇÃO

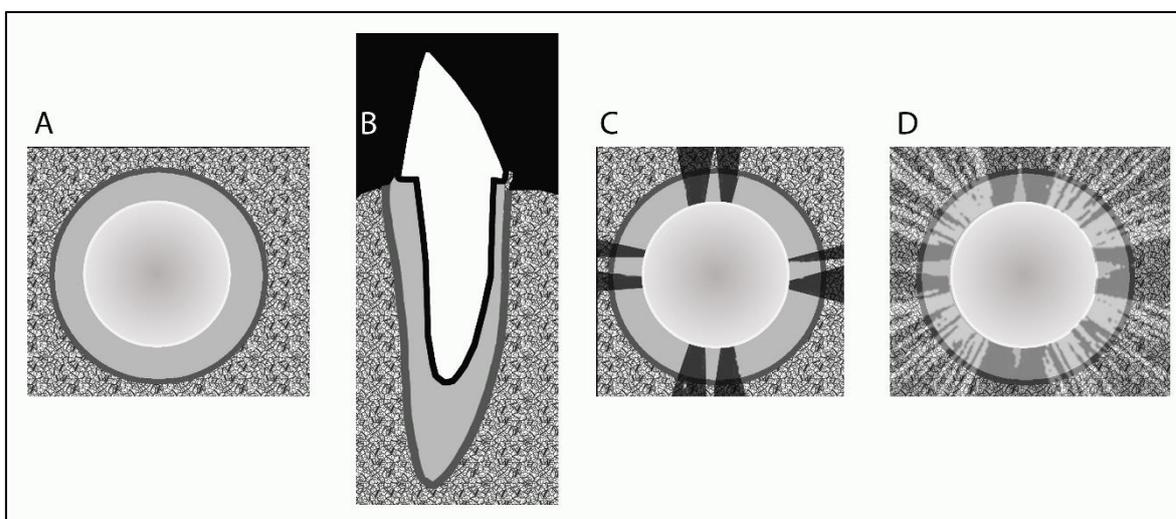
A tomografia computadorizada de feixe cônico (TCFC) foi incorporada ao diagnóstico por imagens em Odontologia há aproximadamente 20 anos, oferecendo informações tridimensionais com custos financeiro e biológico geralmente inferiores aos da tomografia computadorizada utilizada na medicina (DURACK; PATEL, 2012; PAUWELS et al., 2013; LUDLOW et al., 2015). Seu potencial em contribuir com o diagnóstico, plano de tratamento e desfechos em saúde bucal têm sido objeto de estudos (KAPILA; NERVINA, 2015; MATZEN; WENZEL, 2015; ROSEN et al., 2015).

Sua principal limitação, que ainda não foi totalmente superada, consiste na formação de artefatos de imagem, os quais são definidos como divergências entre a imagem reconstruída e o objeto analisado, devido a várias causas, dentre elas movimentos do paciente durante o exame, problemas nos processos de captura e reconstrução da imagem, alterações na regulagem do aparelho ou limitação dos algoritmos utilizados para reconstruir a imagem adquirida, além de outros fatores, tais como quilovoltagem e miliamperagem baixas típicas da TCFC, tamanho do campo de visão (*Field of view*, FOV) e do *voxel* (SCHULZE et al., 2011; PARIROKH; ARDJOMAND, MANOCHERIFAR, 2012; ABRAMOVITCH; RICE, 2014; MAKINS, 2014).

Os artefatos gerados em imagens de TCFC na presença de corpos muito densos, tais como núcleos metálicos, implantes, coroas protéticas e restaurações em amálgama, são agrupados sob a denominação *beam hardening artifacts* ou artefatos do efeito de endurecimento do feixe de raios X (EEF). Como o feixe de radiação apresenta fótons com diferentes comprimentos de onda, aqueles de menor energia são absorvidos, resultando em aumento da energia média (“endurecimento do feixe”). Os padrões de distorção causados pelo EEF são conhecidos como artefato de escavação (*cupping artifacts*), halo hipodenso (*dark bands*), estrias escuras (*dark streaks*) e artefato de extinção (*photon starvation*) (SCHULZE et al., 2011; KAMBUROĞLU et al., 2013; ABRAMOVITCH; RICE; 2014) (FIGURA 1). O artefato de escavação se expressa pela falta de uniformidade dos tons de cinza na imagem do material, cujo centro aparece mais escuro e os limites mais claros (QU et al., 2016). O halo hipodenso ocorre em torno do material de alta densidade, se expressando como uma faixa escura adjacente ao mesmo,

notadamente nas imagens coronais e sagitais. Seu correspondente em imagens axiais são as estrias escuras (SCHULZE et al., 2011). Já o artefato de extinção aparece nas imagens como faixas horizontais hipo e hiperdensas intercaladas, na forma de raios divergentes, que ocorrem particularmente entre dois objetos densos próximos (NARDI et al., 2015).

Figura 1 - Representação esquemática dos artefatos associados ao EEF. A: artefato de escavação, B: halo hipodenso, C: estrias escuras e D: artefato de extinção.



Fonte: o autor.

Quanto maior a densidade do metal, mais intenso é o artefato gerado, independentemente do equipamento e protocolo utilizados (PAWELS et al., 2013; CODARI et al., 2017). Em face das dificuldades impostas à interpretação na presença desses artefatos, podendo resultar em diagnósticos falso-positivos e falso-negativos (JUNQUEIRA et al., 2013), foram desenvolvidos algoritmos que visam à sua redução (AZEVEDO-VAZ et al., 2016; XIA et al., 2016; ZHAO et al., 2016, QUEIROZ et al., 2017).

Um tema de pesquisa recorrente na literatura é a influência da presença de materiais densos no interior do canal radicular na detecção de fraturas radiculares e se a aplicação de filtros de imagem auxilia o diagnóstico, com resultados controversos (NASCIMENTO et al., 2014; FERREIRA et al., 2015; MARTIN e SILVA et al., 2017; VERNER et al., 2017). Filtros são algoritmos que visam aprimorar as imagens e dentre eles estão os filtros de nitidez, que podem ser aplicados em diferentes intensidades (NASCIMENTO et al., 2014).

Apesar dos artefatos estarem sendo amplamente estudados, com comparação de vários materiais e seu impacto sobre o diagnóstico de alterações coronárias (GAMBA et al., 2014; NABHA et al., 2014; CEBE et al., 2017), radiculares (BRITO JUNIOR et al., 2013; JUNQUEIRA et al., 2013; VALIZADEH et al., 2015; HELVACIOGLU-YGIT et al., 2016; KAMBUROĞLU et al., 2016; SALINEIRO et al., 2017) e do tecido ósseo (BENIC et al., 2012; KAMBUROĞLU et al., 2013; HELVACIOGLU-YIGIT et al., 2015; VASCONCELOS et al., 2017), não foram encontrados na literatura estudos que comparem diferentes ligas utilizadas para fundição de retentores protéticos quanto ao artefato gerado sobre a dentina.

Desta forma, o presente estudo tem como objetivo quantificar *in vitro* a intensidade do artefato produzido por retentores fundidos em ligas de cobre-alumínio-zinco (CAZ) e níquel-cromo (NC) em imagens de TCFC, assim como seu comportamento frente à aplicação de filtros de nitidez com diferentes intensidades.

2 ARTIGO CIENTÍFICO

Quantificação de artefatos em tomografia de feixe cônico gerados por retentores intrarradiculares fundidos em duas diferentes ligas e influência do filtro de nitidez

Matheus A Telöken; Naiara L Larentis; Cristiane M Mengatto; Vania R C Fontanella

RESUMO

Objetivos: Quantificar *in vitro* a intensidade do artefato produzido por retentores fundidos em cobre-alumínio-zinco (CAZ) e níquel-cromo (NC) em imagens de tomografia computadorizada por feixe cônico (TCFC), assim como seu comportamento frente à aplicação de filtros de nitidez com diferentes intensidades.

Métodos: 25 dentes bovinos de dimensões semelhantes foram tratados endodonticamente e para cada um deles fundidos dois núcleos com diferentes ligas: cobre-alumínio-zinco (CAZ) e níquel-cromo (NC) e submetidos a TCFC. As imagens foram preparadas no *software* On Demand 3D. Para cada volume adquirido foram selecionadas três imagens axiais: a mais apical que registrasse toda a circunferência do retentor (A); a mais cervical que registrasse toda a circunferência radicular (C); e a intermediária aos dois cortes anteriormente descritos, representativa do terço médio do retentor (M), cada uma sem a aplicação de filtro de nitidez (S), com nitidez níveis 1 e 2. As três imagens com diferentes filtros do mesmo corte axial e dente/retentor foram avaliadas quanto ao desvio-padrão da intensidade de *pixel na dentina*. **Resultados:** A reprodutibilidade intra e interexaminador foi excelente (ICC = 0,997; p=0,000 e ICC = 0,998; p=0,000, respectivamente). O artefato gerado pelo metal, expresso pelo desvio-padrão da intensidade de *pixels* da dentina, foi significativamente maior para a liga NC em comparação à liga CAZ, em todos os níveis de mensuração (cortes A, M, C) e padrões de nitidez (S, 1x, 2x) (Teste de Mann-Whitney, p≤0,01). A intensidade de artefato não variou significativamente em função do corte avaliado, para nenhuma das ligas ou filtros em estudo (Teste de Kruskal-Wallis), ou seja, o efeito foi uniforme ao longo do retentor. Por outro lado, a intensidade de artefato variou significativamente em função do filtro, para ambas as ligas e nos três níveis de corte avaliados (Teste de Mann-Whitney, p≤0,01). Quanto mais nitidez aplicada à imagem, maior o artefato. Não houve diferenças significativas apenas entre S e 1 na liga CAZ nos cortes A e C.

Conclusões: Retentores intrarradiculares fundidos em ligas metálicas de diferentes densidades acarretam diferentes níveis de artefatos sobre a dentina, expressos pelo desvio-padrão na intensidade de *pixels*, ao longo de sua extensão, sem variar da região cervical ao ápice do retentor, se intensificando com a aplicação de filtros de nitidez.

Palavras-chave: Técnica para retentor intrarradicular. Tomografia computadorizada de feixe cônico. Artefatos.

Introdução

A tomografia computadorizada de feixe cônico (TCFC) foi incorporada ao diagnóstico por imagens em Odontologia há duas décadas,^{1,2} agregando informações tridimensionais com custos financeiro e biológico via de regra inferiores ao da tomografia computadorizada *multislice*.³ Sua principal limitação, que ainda não foi totalmente superada, consiste na formação de artefatos de imagem, definidos como divergências entre a imagem reconstruída e o objeto analisado, devido a várias causas.⁴⁻⁶

Os artefatos gerados em imagens de TCFC na presença de corpos muito densos, tais como núcleos metálicos, implantes, coroas protéticas e restaurações em amálgama, são agrupados sob a denominação *de efeito* de endurecimento do feixe de raios X (EEF). Os padrões de distorção causados pelo EEF são conhecidos como artefato de escavação, halo hipodenso, estrias escuras e artefato de extinção.^{4,5,7-9} Quanto maior a densidade do metal, mais intenso é o artefato gerado, independentemente do equipamento e protocolo utilizados.^{2,10} Considerando as dificuldades de interpretação na presença de artefatos, os quais podem levar a diagnósticos falso-positivos e falso-negativos,^{11,12} algoritmos que visam à sua redução¹³⁻¹⁶ e aprimoramento das imagens¹⁷⁻²⁰ têm sido pesquisados.

Apesar dos artefatos estarem sendo amplamente estudados, com comparação de vários materiais e seu impacto sobre o diagnóstico de alterações coronárias,²¹⁻²³ radiculares,^{12,24-28} e do tecido ósseo,^{7,26,29,30} não foram encontrados na literatura estudos que comparem diferentes ligas metálicas utilizadas para fundição de retentores protéticos quanto ao artefato gerado sobre a dentina.

Desta forma, o presente estudo tem como objetivo quantificar *in vitro* a intensidade do artefato produzido por retentores fundidos em ligas de cobre-

alumínio-zinco (CAZ) e níquel-cromo (NC) em imagens de TCFC, assim como o efeito da aplicação de filtros de nitidez com diferentes intensidades.

Métodos

O presente estudo *in vitro* foi avaliado e aprovado por comitê de pesquisa institucional.

Amostra

Foram utilizados 25 dentes incisivos bovinos hígidos, coletados em frigoríficos. Como não foram encontrados estudos que forneçam os dados necessários para um cálculo amostral mais robusto, foi empregado o método proposto por Charan; Kantharia (2013)³¹, que resultou em um número amostral mínimo de 20. Prevendo eventuais perdas de amostras, foram utilizados 25 dentes.

Os dentes selecionados tinham dimensões semelhantes, com raízes retas e livres de defeitos. Radiografias iniciais de cada dente foram obtidas para descartar aqueles que apresentaram alterações radiculares como reabsorções externas ou internas ou canais atrésicos. Posicionou-se os dentes com a face lingual da raiz voltada para o receptor de imagem (placas de fósforo Digora, Instrumentarium, Helsinki, Finlândia) e foram radiografados com o aparelho periapical Gnatus Somus (Gnatus, Ribeirão Preto, SP, Brasil), ajustado para 70 kVp, 10 mA, 0,32 segundos de tempo de exposição e distância focal de 28cm.

Preparo dos dentes

Os dentes selecionados foram imersos em solução de formalina a 2% durante 15 dias, para a desinfecção de tecidos orgânicos externos. Após,

seccionou-se as coroas, padronizando comprimento radicular em 15 mm a partir do ápice. O acesso cervical de cada dente foi preparado com brocas Gates-Glidden AR de baixa rotação #2 e #3 (Microdont, São Paulo, SP, Brasil), e o canal foi instrumentado com limas do tipo K-flexofile 1ª e 2ª séries (MailleferDentsply, Ballaigues, Suíça), até 1mm aquém do ápice radicular, com irrigação de hipoclorito de sódio 1% a cada troca de instrumento. Após este preparo, os canais foram preenchidos com EDTA, lavados com solução de soro fisiológico e secos com pontas de papel absorvente (Bulks-Tanari, Manacapuru, AM, Brasil), e obturados com Brocas Lentulo AR de baixa rotação (MailleferDentsply, Ballaigues, Suíça), cimento Endofill (Dentsply, Tulsa, EUA) e cones de guta-percha (Maillefer-Dentsply, Ballaigues, Suíça) na técnica de condensação lateral.

Concluído este processo, foi realizada a desobturação e ampliação dos canais radiculares com Brocas Largo Peeso AR de baixa rotação #1, #2, #3 (Microdont, São Paulo, SP, Brasil) em um comprimento de 10mm, preservando 4 mm de material obturador no vértice radicular.

Fundição dos núcleos

Para cada dente foram confeccionados dois núcleos em resina Duralay (Polidental Ind. e Com., Cotia, SP, Brasil), um deles fundido com liga de cobre-alumínio-zinco (CAZ) (Goldent, Biodente Materiais Odontológicos, Chapecó, SC, Brasil) e outro com liga níquel-cromo (NC) (Fitcast Titanium, Talmax, Curitiba, PR, Brasil). Todos os procedimentos laboratoriais foram realizados pelo mesmo técnico. Estes foram fixados em um anel de silicone usando cera, cada anel com oito núcleos, os quais foram incluídos com revestimento para prótese fixa (Calibra-Express, Biodente Materiais Odontológicos, Chapecó, SC, Brasil). Após presa e

resfriamento os anéis foram levados a forno com temperatura máxima e final de 900°C, centrifugados, fixado ao cadinho para fundição do metal.

Obtenção das imagens de TCFC

Os dentes foram individualmente incluídos em bases de silicona (Scan Bite, Yllner, Pelotas, RS, Brasil) de dimensões padronizadas (altura:8 mm; largura: 10 mm; profundidade: 10 mm). Os blocos foram posicionados com o ápice radicular voltado para baixo no centro da base de um tomógrafo OP 300 Kavo (Instrumentarium, Helsinki, Finlândia) e submetidos a TCFC com cada um dos dois núcleos fundidos, separadamente. Os parâmetros técnicos de escaneamento foram FOV de 4 x 6 cm e tamanho de *voxel* de 0,085 mm. Os dados volumétricos foram reformatados nos planos sagital e axial com cortes de 0,1 mm de espessura e armazenados em formato DICOM (*Digital Imaging and Communications in Medicine*). Todas as condições de aquisição das imagens foram padronizadas.

Preparo das imagens

Todas as imagens foram preparadas de forma padronizada quanto ao modo de exibição (monitor) e iluminação ambiente, por um examinador experiente na avaliação de imagens por TCFC. Os volumes foram abertos no *software* On Demand 3D (Instrumentarium, Helsinki, Finlândia), no modo reconstrução multiplanar (MPR). Os parâmetros de brilho e contraste foram padronizados (WL: 2047, WW: 4095) e o plano axial maximizado na tela com ampliação de 5x (figura 1).

Para cada volume adquirido foram selecionadas três imagens axiais: a mais apical que registrasse toda a circunferência do retentor (A); a mais cervical que

registrasse toda a circunferência radicular (C); e a intermediária aos dois cortes anteriormente descritos, representativa do terço médio do retentor (M), cada uma sem a aplicação de filtro de nitidez (S), com nitidez níveis 1 e 2 (figura 2). as quais foram exportadas no formato 8 bits (256 tons de cinza), extensão .tiff e codificadas.

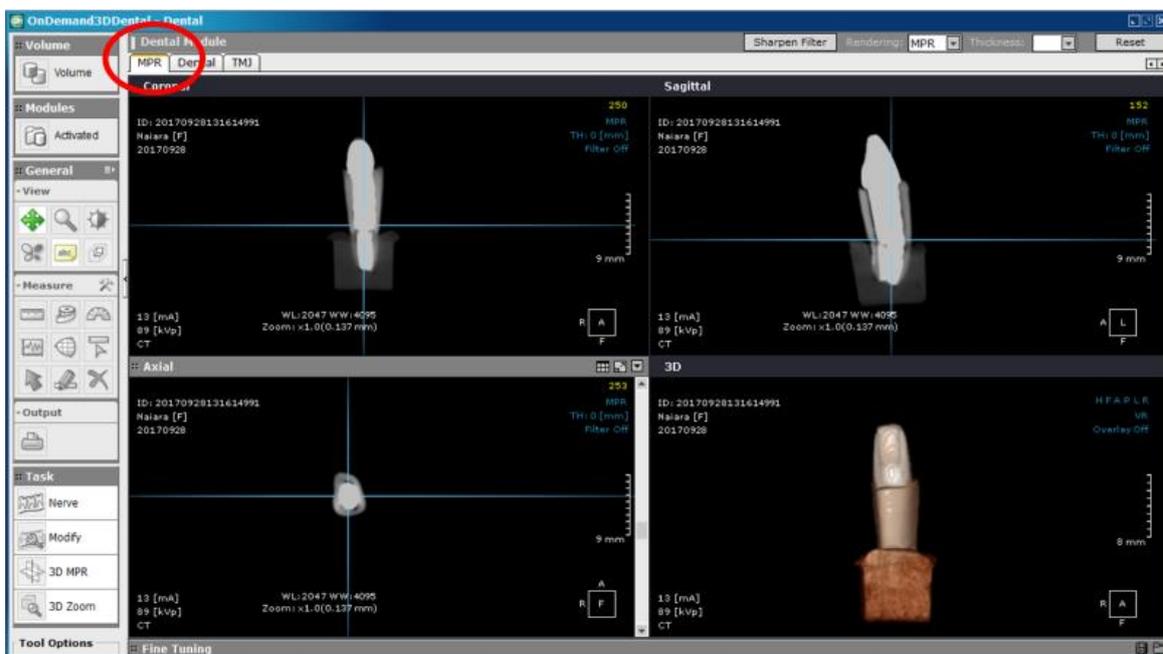


Figura 1. Volume visualizado no módulo MPR do *software* On Demand 3D, com parâmetros de ajuste de brilho e contraste, nos três planos ortogonais (coronal, sagital e axial) e na reconstrução tridimensional.

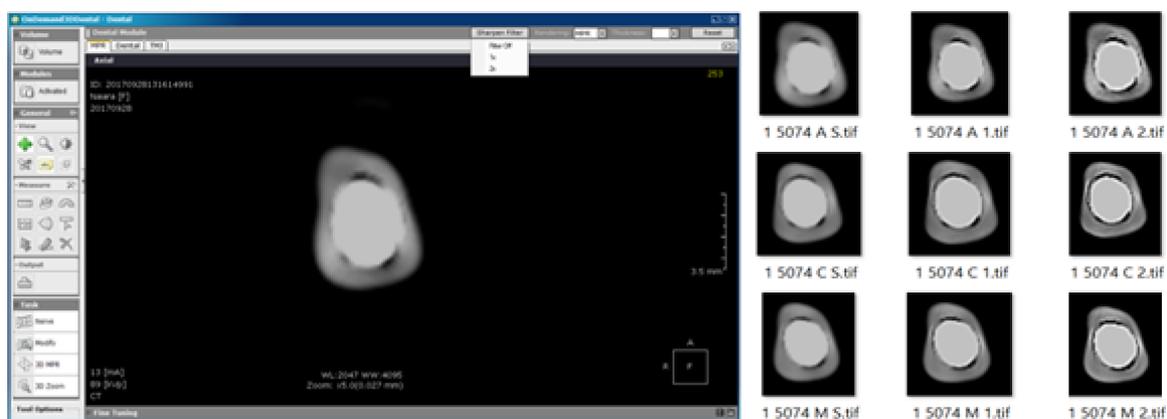


Figura 2. Imagem axial no módulo MPR do *software* On Demand 3D, com zoom e parâmetros de ajuste de brilho e contraste padronizados (à esquerda). Imagens exportadas no formato .tiff de cada um dos terços do mesmo dente e retentor, sem filtro de nitidez e com este filtro nos modos 1x e 2x (à direita).

Análise das imagens

As imagens codificadas foram importadas para *software* Adobe Photoshop CS5 versão 12.0 (Adobe Inc., San Jose, CA, EUA). Foram abertas simultaneamente as três imagens do mesmo retentor, dente e corte axial, sem filtro de nitidez e com filtros 1x e 2x.

Sobre a imagem S foi selecionada a área correspondente à dentina, contornando o dente e excluindo o retentor e as áreas hipodensas correspondentes a eventuais espaços vazios entre dentina/retentor. Com base na ferramenta histograma, foram anotados em planilha os valores de desvio-padrão da intensidade de *pixel da área selecionada*. A seleção foi copiada para as demais imagens do mesmo terço com filtros de nitidez (1x e 2x) e os mesmos valores anotados (figura 3).

Para análise da reprodutibilidade 12% das imagens foram analisadas em duplicata (intraobservador) e também por um segundo observador (interobservador).

Análise estatística

Como a condição de normalidade na distribuição dos dados não foi cumprida (Teste Kolmogorov Smirnov), os dados foram analisados por estatística não-paramétrica. A reprodutibilidade intra e interexaminador foi aferida pelo Coeficiente de Correlação Intraclassa (ICC). Na comparação das ligas metálicas foi utilizado o Teste de Mann-Whitney; na comparação dos cortes e entre os filtros utilizou-se o Teste de Kruskal-Wallis. O nível de significância máximo assumido foi de 5% ($p \leq 0,05$) e o *software* utilizado para a análise estatística foi o SPSS versão 22.0 (IBM Analytics, Quarry Bay, Hong Kong).

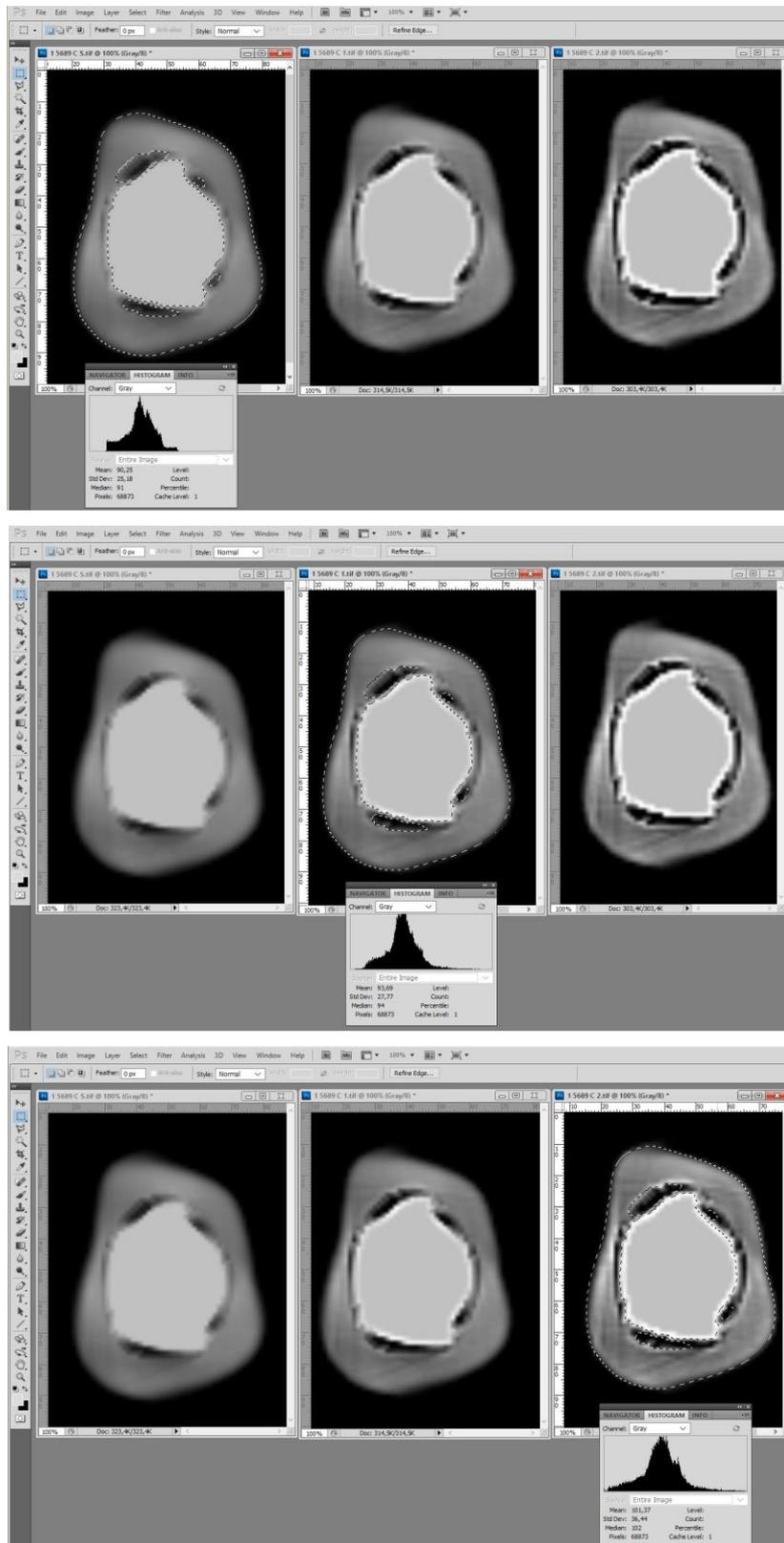


Figura 3. Obtenção dos valores de intensidade de *pixels* de cada volume no corte axial cervical de uma amostra sem filtro de nitidez (S - acima), 1x (1 - ao centro) e 2x (2 - abaixo).

Resultados

A reprodutibilidade intra e interexaminador foi excelente (ICC = 0,997; p=0,000 e ICC = 0,998; p=0,000, respectivamente). Uma das raízes fraturou quando da inserção do retentor, ficando a amostra com n=24 em ambos os grupos. O artefato gerado pelo metal, expresso pelo desvio-padrão da intensidade de *pixels* da dentina, foi significativamente maior para a liga NC em comparação à liga CAZ, em todos os níveis de mensuração (cortes A, M, C) e padrões de nitidez (S, 1x, 2x) (figura1; tabela 1, Teste de Mann-Whitney, p≤0,01).

Tabela 1. Comparação da variação na intensidade de *pixels* da dentina nas duas ligas em função do corte e do filtro (Teste de Mann-Whitney).

Corte Filtro	Liga	n	Variação da intensidade de <i>pixels</i>		p
			Média	Desvio-padrão	
Total da amostra	CAZ	216	27,16	5,75	0,000**
	NC	216	31,91	5,24	
A S	CAZ	24	24,65	3,33	0,000**
	NC	24	28,14	3,06	
A 1	CAZ	24	25,51	3,88	0,000**
	NC	24	30,37	3,53	
A 2	CAZ	24	31,78	5,76	0,001**
	NC	24	37,47	4,02	
M S	CAZ	24	23,73	1,66	0,000**
	NC	24	27,34	1,84	
M 1	CAZ	24	26,61	10,42	0,000**
	NC	24	29,85	1,71	
M 2	CAZ	24	30,99	3,48	0,000**
	NC	24	38,39	3,24	
C S	CAZ	24	23,75	1,78	0,000**
	NC	24	27,20	1,45	
C 1	CAZ	24	24,86	2,12	0,000**
	NC	24	30,23	2,56	
C 2	CAZ	24	32,59	3,20	0,000**
	NC	24	38,17	2,64	

A: apical, M: médio, C: cervical. S: sem filtro de nitidez, 1: filtro 1x, 2: filtro 2x. CAZ: cobre-alumínio-zinco, NC: níquel-cromo. ** significativo p≤0,01

A intensidade de artefato não variou significativamente em função do corte avaliado, para nenhuma das ligas ou filtros em estudo (tabela 2, Teste de Kruskal-Wallis), ou seja, o efeito foi uniforme ao longo do retentor.

Tabela 2. Comparação da variação na intensidade de *pixels* da dentina nos cortes em função da liga e do filtro (Teste de Kruskal-Wallis).

Liga Filtro	Corte	n	Variação da intensidade de <i>pixels</i>		p
			Média	Desvio-padrão	
Total da amostra	A	144	29,65	5,85	0,837 ^{NS}
	M	144	29,48	6,63	
	C	144	29,47	5,45	
CAZ S	A	24	24,65	3,33	0,711 ^{NS}
	M	24	23,73	1,66	
	C	24	23,75	1,78	
NC S	A	24	28,14	3,06	0,675 ^{NS}
	M	24	27,34	1,84	
	C	24	27,20	1,45	
CAZ 1	A	24	25,51	3,88	0,905 ^{NS}
	M	24	26,61	10,42	
	C	24	24,86	2,12	
NC 1	A	24	30,37	3,53	0,983 ^{NS}
	M	24	29,85	1,71	
	C	24	30,23	2,56	
CAZ 2	A	24	31,78	5,76	0,271 ^{NS}
	M	24	30,99	3,48	
	C	24	32,59	3,20	
NC 2	A	24	37,47	4,02	0,544 ^{NS}
	M	24	38,39	3,24	
	C	24	38,17	2,64	

A: apical, M: médio, C: cervical. S: sem filtro de nitidez, 1: filtro 1x, 2: filtro 2x. CAZ: cobre-alumínio-zinco, NC: níquel-cromo. NS- não significativo

Por outro lado, a intensidade de artefato variou significativamente em função do filtro, para ambas as ligas e nos três níveis de corte avaliados (tabela 3, Teste de Kruskal-Wallis, $p \leq 0,01$). Quanto mais nitidez aplicada à imagem, maior o artefato. Não houve diferenças significativas apenas entre S e 1 na liga CAZ nos cortes A e M.

Tabela 3. Comparação da variação na intensidade de *pixels* da dentina nos diferentes filtros em função da liga e do corte (Teste de Kruskal-Wallis).

Liga Corte	Filtro	n	Medida		p
			Média	Desvio Padrão	
Total da amostra	S	144	25,80 ^A	2,90	0,000**
	1	144	27,91 ^B	5,43	
	2	144	34,90 ^C	4,94	
CAZ A	S	24	24,65 ^A	3,33	0,000**
	1	24	25,51 ^A	3,88	
	2	24	31,78 ^B	5,76	
CAZ M	S	24	23,73 ^A	1,66	0,000**
	1	24	26,61 ^A	5,36	
	2	24	30,99 ^B	3,48	
CAZ C	S	24	23,75 ^A	1,78	0,000**
	1	24	24,86 ^B	2,12	
	2	24	32,59 ^C	3,20	
NC A	S	24	28,14 ^A	3,06	0,000**
	1	24	30,37 ^B	3,53	
	2	24	37,47 ^C	4,02	
NC M	S	24	27,34 ^A	1,84	0,000**
	1	24	29,85 ^B	1,71	
	2	24	38,39 ^C	3,24	
NC C	S	24	27,20 ^A	1,45	0,000**
	1	24	30,23 ^B	2,56	
	2	24	38,17 ^C	2,64	

A: apical, M: médio, C: cervical. S: sem filtro de nitidez, 1: filtro 1x, 2: filtro 2x. CAZ: cobre-alumínio-zinco, NC: níquel-cromo. ** significativo $p \leq 0,01$

Discussão

Os principais resultados do presente estudo consistem em demonstrar que os artefatos, expressos pela variação na intensidade de *pixels* na dentina, variam de acordo com a liga metálica utilizada na fundição do retentor intrarradicular, que o filtro de nitidez aumenta esta variação e que a mesma é homogênea nos diferentes cortes axiais do mesmo dente.

As propriedades mecânicas das diferentes ligas metálicas foram extensivamente estudadas, especialmente visando à redução no custo do tratamento reabilitador utilizando ligas nobres contendo ouro, mantendo as propriedades necessárias ao bom desempenho clínico³². Contudo, relatos do efeito de diferentes ligas metálicas sobre o artefato na dentina em TCFC não foram encontrados na literatura.

De fato, é plausível esperar que a variação na composição das ligas metálicas, com maior ou menor número atômico, promova diferentes intensidades de degradação das imagens. Estudos prévios demonstraram essa diferença em corpos de prova em titânio e chumbo, montados em *phantoms*, porém no formato de cilindros^{2,10,29} ou cubos³³ e sem associação à dentina.

Vários estudos avaliaram o impacto da presença de metal no interior do canal radicular sobre a acurácia no diagnóstico de fraturas e reabsorções radiculares em imagens de TCFC.^{12,17-20,25,34} Retentores intrarradiculares impactam negativamente na acurácia diagnóstica e ligas de cobre-alumínio,¹⁰ ouro³³⁻³⁴ e cromo-cobalto³⁴ produziram artefatos de maior intensidade. Uma das dificuldades na comparação destes estudos é a falta de padronização nas metodologias que avaliam os artefatos induzidos por metal e o efeito dos diferentes filtros para aprimoramento das imagens.

No presente estudo os filtros de nitidez intensificaram o artefato. Contudo, não se avaliou seu impacto sobre uma tarefa de diagnóstico específica, cujos resultados têm sido controversos.¹⁷⁻²⁰

Os resultados do presente estudo devem ser considerados a luz de suas limitações. Trata-se de estudo *in vitro*, que utiliza dentes bovinos, apenas duas ligas metálicas e um único protocolo de aquisição/equipamento. Desta forma, é necessário ampliar as pesquisas neste campo, no sentido de evitar equívocos de diagnóstico que possam acarretar substituições desnecessárias de próteses fixas.

Outra questão importante a ser estudada em relação a retentores intrarradiculares e coroas metálicas é a simulação de desadaptação do retentor e/ou carie secundária sob a coroa, aspectos observados na clínica,¹¹ e se estes efeitos diferem entre as ligas, equipamentos, tamanhos de campo e de *voxel*, assim como quilovoltagem e miliamperagem.²⁹

Conclusão

Retentores intrarradiculares fundidos em ligas metálicas de diferentes densidades acarretam diferentes níveis de artefatos sobre a dentina, expressos pelo desvio-padrão na intensidade de *pixels*, ao longo de sua extensão, sem variar da região cervical ao ápice do retentor, se intensificando com a aplicação de filtros de nitidez.

Referências

1 Durack C, Patel S. Cone beam computed tomography in endodontics. Braz Dent J 2012; 23(3):179-191.

- 2 Pauwels R, Stamatakis H, Bosmans H, Bogaerts R, Jacobs R, Horner K, et al. Quantification of metal artifacts on cone beam computed tomography images. *Clin Oral Implants Res* 2013; 24(Suppl A100):94-99.
- 3 Ludlow JB, Timothy R, Walker C, Hunter R, Benavides E, Samuelson DB, et al. Effective dose of dental CBCT - a meta-analysis of published data and additional data for nine CBCT units. *Dentomaxillofac Radiol* 2015; 44(1):20140197.
- 4 Schulze R, Heil U, Gross D, Bruellmann DD, Dranischnikow E, Schwanecke U, et al. Artifacts in CBCT: a review. *Dentomaxillofac Radiol* 2011; 40(5):265-273.
- 5 Abramovitch K, Rice DD. Basic principles of cone beam computed tomography. *Dent. Clin. North. Am. Philadelphia*, v. 58, n. 3, p. 463-84, Jul 2014.
- 6 Makins SR. Artifacts interfering with interpretation of cone beam computed tomography images. *Dent Clin North Am* 2014; 58(3):485-495.
- 7 Kamburoğlu K, Kolsuz E, Murat S, Eren H, Yüksel S, Paksoy CS. Assessment of buccal marginal alveolar peri-implant and periodontal defects using a cone beam CT system with and without the application of metal artefact reduction mode. *Dentomaxillofac Radiol* 2013; 42(8):20130176.
- 8 Nardi C, Borri C, Regini F, Calistri L, Castellani A, Lorini C. et al. Metal and motion artifacts by cone beam computed tomography (CBCT) in dental and maxillofacial study. *Radiol Med* 2015; 120(7):618-626.
- 9 Qu X, Lai C, Zhong Y, Yi Y, Shaw CC. A general method for cupping artifact correction of cone-beam breast computed tomography images. *Int J Comput Assist Radiol Surg* 2016; 11(7):1233-1246.
- 10 Codari M, de Faria Vasconcelos K, Ferreira Pinheiro Nicolielo L, Haiter Neto F, Jacobs R. Quantitative evaluation of metal artifacts using different CBCT devices,

high-density materials and field of views. *Clin Oral Implants Res* 2017; 28(12):1509-1514.

11 Parirokh M, Ardjomand K, Manocherifar H. Artifacts in cone- beam computed tomography of a post and core restoration: a case report. *Iranian Endod J* 2012; 7(2):98-101.

12 Junqueira RB, Verner FS, Campos CN, Devito KL, do Carmo AM. Detection of vertical root fractures in the presence of intracanal metallic post: a comparison between periapical radiography and cone-beam computed tomography. *J Endod* 2013; 39(12):1620-1624.

13 de Azevedo-Vaz SL, Peyneau PD, Ramires-Sotelo LR, Vasconcelos KF, Campos, PSF, Haiter-Neto F. Efficacy of a cone beam computed tomography metal artifact reduction algorithm for the detection of peri-implant fenestrations and dehiscences. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol* 2016; 121(5):550-556.

14 Queiroz PM, Groppo FC, Oliveira ML, Haiter-Neto F, Freitas DQ. Evaluation of the efficacy of a metal artifact reduction algorithm in different cone beam computed tomography scanning parameters. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol* 2017; 123(6):729-734.

15 Xia D, Langan DA, Solomon SB, Zhang Z, Chen B, Lai H, et al. Optimization-based image reconstruction with artifact reduction in C-arm TCFC. *Phys Med Biol* 2016; 61(20):7300-7333.

16 Zhao W, Vernekohl D, Zhu J, Wang L, Xing L. A model-based scatter artifacts correction for cone beam CT. *Med Phys* 2016; 43(4):1736.

17 Ferreira LM, Visconti MA, Nascimento HA, Dallemolle RR, Ambrosano GM, Freitas DQ. Influence of CBCT enhancement filters on diagnosis of vertical root

fractures: a simulation study in endodontically treated teeth with and without intracanal posts. *Dentomaxillofac Radiol* 2015; 44(5):20140352.

18 de Martin e Silva D, Campos CN, Pires Carvalho Ac, Devito KL. Diagnosis of mesiodistal vertical root fractures in teeth with metal posts: influence of applying filters in cone-beam computed tomography images at different resolutions. *J Endod* 2017; 2399(17):31009-9.

19 Nascimento MC, Nejaim Y, de Almeida SM, Bóscolo FN, Haiter-Neto F, Sobrinho LC, et al. Influence of cone beam CT enhancement filters on diagnosis ability of longitudinal root fractures. *Dentomaxillofac Radiol* 2014; 43(3):20130374.

20 Verner FS, D'addazio PS, Campos CN, Devito KL, Almeida SM, Junqueira RB. Influence of cone-beam computed tomography filters on diagnosis of simulated endodontic complications. *Int Endod J* 2017; 50(11):1089-1096.

21 Gamba TO, Oliveira ML, Flores IL, Cruz AD, Almeida SM, Haiter-Neto F, et al. Influence of cone-beam computed tomography image artifacts on the determination of dental arch measurements. *Angle Orthod* 2014; 84(2):274-278.

22 Nabha W, Hong Ym, Cho Jh, Hwang Hs. Assessment of metal artifacts in three-dimensional dental surface models derived by cone-beam computed tomography. *Korean J Orthod* 2014; 44(5):229-235.

23 Cebe F, Aktan AM, Ozsevik AS, Ciftci ME, Surmelioglu HD. The effects of different restorative materials on the detection of approximal caries in cone-beam computed tomography scans with and without metal artifact reduction mode. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol* 2017; 123(3):392-400.

24 Brito-Júnior M, Santos LA, Faria-e-Silva AL, Pereira RD, Sousa-Neto MD. Ex vivo evaluation of artifacts mimicking fracture lines on cone-beam computed

tomography produced by different root canal sealers. *Int Endod J* 2014; 47(1):26-31.

25 Valizadeh S, Vasegh Z, Rezapannah S, Safi Y, Khaeazifard MJ. Effect of object position in cone beam computed tomography field of view for detection of root fractures in teeth with intra-canal posts. *Iran J Radiol* 2015; 12(4):e25272.

26 Helvacioğlu-Yigit D, Demirtürk Kocasarac H, Bechara B, Noujeim M. Evaluation and reduction of artifacts generated by 4 different root-end filling materials by using multiple cone-beam computed tomography imaging settings. *J Endod* 2016; 42(2):307-14.

27 Kamburoğlu K, Yılmaz F, Yeta EN, Özen D. Assessment of furcal perforations in the vicinity of different root canal sealers using a cone beam computed tomography system with and without the application of artifact reduction mode: an ex vivo investigation on extracted human teeth. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol* 2016; 121(6):657-665.

28 Salineiro FC, Gialain IO, Kobayashi-Velaso S, Pannuti CM, Cavalcanti MG. Detection of furcation involvement using periapical radiography and 2 cone-beam computed tomography imaging protocols with and without a metallic post: an animal study. *Imaging Sci Dent* 2017; 47(1):17-24.

29 Benic GI, Sancho-Puchades M, Jung RE, Deyhle H, Hämmerle CH. In vitro assessment of artifacts induced by titanium dental implants in cone beam computed tomography. *Clin Oral Implants Res* 2013; 24(4):378-383.

30 Vasconcelos TV, Bechara BB, McMahan CA, Freitas DQ, Noujeim M. Evaluation of artifacts generated by zirconium implants in cone-beam computed tomography images. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol* 2017; 123(2):265-272.

31 Charan J, Kantharia ND. How to calculate sample size in animal studies? J Pharmacol Pharmacother 2013; 4(4):303-306.

33 Anusavice KJ, Shen C, Rawls HR. Phillips' science of dental materials. 12 Ed. Saunders, 2012. 592 p.

34 Chindasombatjaroen J, Kakimoto N, Murakami S, Maeda Y, Furukawa S. Quantitative analysis of metallic artifacts caused by dental metals: comparison of cone-beam and multi-detector row CT scanners. Oral Radiol. 2011 Dec;27(2):114-20.

35 de Rezende Barbosa GL, Sousa Melo SL, Alencar PN, Nascimento MC1, Almeida SM. Performance of an artefact reduction algorithm in the diagnosis of in vitro vertical root fracture in four different root filling conditions on CBCT images. Int Endod J. 2016 May;49(5):500-8.

3 CONCLUSÃO

Retentores intrarradiculares fundidos em ligas metálicas de diferentes densidades acarretam diferentes níveis de artefatos sobre a dentina, expressos pelo desvio-padrão na intensidade de *pixels*, ao longo de sua extensão, sem variar da região cervical ao ápice do retentor, se intensificando com a aplicação de filtros de nitidez.

REFERÊNCIAS

- ABRAMOVITCH, K; RICE, D. D. Basic principles of cone beam computed tomography. **Dent. Clin. North. Am.**, Philadelphia, v. 58, no. 3, p. 463-484, July 2014.
- AZEVEDO-VAZ, S. L. et al. Efficacy of a cone beam computed tomography metal artifact reduction algorithm for the detection of peri-implant fenestrations and dehiscences. **Oral Surg. Oral Med. Oral Pathol. Oral Radiol.**, New York, v. 121, no. 5, p. 550-556, May 2016.
- BENIC, G. I. et al. In vitro assessment of artifacts induced by titanium dental implants in cone beam computed tomography. **Clin. Oral Implants Res.**, Copenhagen, v. 24, no. 4, p.378-383, Apr. 2013.
- BRITO-JÚNIOR, M. et al. Ex vivo evaluation of artifacts mimicking fracture lines on cone-beam computed tomography produced by different root canal sealers. **Int. Endod. J.**, Oxford, v. 47, no. 1, p. 26-31, Jan. 2014.
- CEBE, F. et al. The effects of different restorative materials on the detection of approximal caries in cone-beam computed tomography scans with and without metal artifact reduction mode. **Oral Surg. Oral Med. Oral Pathol. Oral Radiol.**, New York, v. 123, no. 3, p. 392-400, Mar. 2017.
- CHARAN, J.; KANTHARIA, N. D. How to calculate sample size in animal studies? **J. Pharmacol. Pharmacother.**, Mumbai, v. 4, no. 4, p. 303-306, Oct. 2013.
- CODARI, M. et al. Quantitative evaluation of metal artifacts using different CBCT devices, high-density materials and field of views. **Clin. Oral Implants Res.**, Copenhagen, v. 28, no. 12, p. 1509-1514. Dec. 2017.
- DURACK, C; PATEL, S. Cone beam computed tomography in endodontics. **Braz. Dent. J.**, Ribeirão Preto, v. 23, no. 3, p. 179-191, June 2012.
- FERREIRA, L. M. et al. Influence of CBCT enhancement filters on diagnosis of vertical root fractures: a simulation study in endodontically treated teeth with and without intracanal posts. **Dentomaxillofac. Radiol.**, London, v. 44, n. 5, 20140352, 2015.
- GAMBA, T. O. et al. Influence of cone-beam computed tomography image artifacts on the determination of dental arch measurements. **Angle Orthod.**, Appleton, v. 84, no. 2, p. 274-278, Mar. 2014.
- HELVACIOGLU-YIGIT, D. et al. Evaluation and reduction of artifacts generated by 4 different root-end filling materials by using multiple cone-beam computed tomography imaging settings. **J. Endod.**, New York, v. 42, no. 2, p. 307-314, Feb. 2016.

JUNQUEIRA, R. B. et al. Detection of vertical root fractures in the presence of intracanal metallic post: a comparison between periapical radiography and cone-beam computed tomography. **J. Endod.**, New York, v. 39, no. 12, p. 1620-1624, Dec. 2013.

KAMBUROĞLU, K. et al. Assessment of buccal marginal alveolar peri-implant and periodontal defects using a cone beam CT system with and without the application of metal artefact reduction mode. **Dentomaxillofac. Radiol.**, London, v. 42, no. 8, 20130176, 2013.

KAMBUROĞLU, K. et al. Assessment of furcal perforations in the vicinity of different root canal sealers using a cone beam computed tomography system with and without the application of artifact reduction mode: an ex vivo investigation on extracted human teeth. **Oral Surg. Oral Med. Oral Pathol. Oral Radiol.**, New York, v. 121, no. 6, p. 657-665, June 2016.

KAPILA, S. D.; NERVINA, J. M. CBCT in orthodontics: assessment of treatment outcomes and indications for its use. **Dentomaxillofac. Radiol.**, London, v. 44, no. 1, 2015. DOI: 10.1259/dmfr.20140282

LUDLOW, J. B. et al. Effective dose of dental CBCT - a meta-analysis of published data and additional data for nine CBCT units. **Dentomaxillofac. Radiol.**, London, v. 44, no. 1, 20140197, 2015.

MAKINS, S. R. Artifacts interfering with interpretation of cone beam computed tomography images. **Dent. Clin. North Am.**, Philadelphia, v. 58, no. 3, p. 485-495, July 2014.

MARTIN E SILVA, D. et al. Diagnosis of mesiodistal vertical root fractures in teeth with metal posts: influence of applying filters in cone-beam computed tomography images at different resolutions. **J. Endod.**, New York, v. 2399, no. 17, p. 31009-9, Nov 2017. No prelo.

MATZEN, L. H.; WENZEL, A. Efficacy of CBCT for assessment of impacted mandibular third molars: a review - based on a hierarchical model of evidence. **Dentomaxillofac. Radiol.**, London, v. 44, no. 1, 2015. DOI: 10.1259/dmfr.20140189

NABHA, W. et al. Assessment of metal artifacts in three-dimensional dental surface models derived by cone-beam computed tomography. **Korean J. Orthod.**, Seoul, v. 44, no. 5, p. 229-35, Sep. 2014.

NARDI, C. et al. Metal and motion artifacts by cone beam computed tomography (CBCT) in dental and maxillofacial study. **Radiol. Med.**, Torino, v. 120, no. 7, p. 618-626, July 2015.

NASCIMENTO, M. C. et al. Influence of cone beam CT enhancement filters on diagnosis ability of longitudinal root fractures. **Dentomaxillofac. Radiol.**, London, v. 43, no. 3, 20130374, 2014.

- PARIROKH, M; ARDJOMAND, K; MANOCHERIFAR, H. Artifacts in cone- beam computed tomography of a post and core restoration: a case report. **Iranian Endod. J.**, Tehran, v. 7, no. 2, p.98-101, Spring 2012.
- PAUWELS, R. et al. Quantification of metal artifacts on cone beam computed tomography images. **Clin. Oral Implants Res.**, Copenhagen, v. 24, Suppl. A100, p. 94-9, Aug. 2013.
- QU, X. et al. A general method for cupping artifact correction of cone-beam breast computed tomography images. **Int. J. Comput. Assist. Radiol. Surg.**, Heidelberg, v. 11, no. 7, p. 1233-1246, July 2016.
- QUEIROZ, P. M. et al. Evaluation of the efficacy of a metal artifact reduction algorithm in different cone beam computed tomography scanning parameters. **Oral Surg. Oral Med. Oral Pathol. Oral Radiol.**, New York, v. 123, no. 6, p. 729-734. June 2017.
- ROSEN, E. et al. The diagnostic efficacy of cone-beam computed tomography in endodontics: a systematic review and analysis by a hierarchical model of efficacy. **J. Endod.**, New York, v. 41, no. 7, p. 1008-1014, July 2015.
- SALINEIRO, F. C. et al. Detection of furcation involvement using periapical radiography and 2 cone-beam computed tomography imaging protocols with and without a metallic post: an animal study. **Imaging Sci. Dent.**, Seoul, v. 47, no. 1, p. 17-24, Mar. 2017.
- SCHULZE, R. et al. Artifacts in CBCT: a review. **Dentomaxillofac. Radiol.**, London, v. 40, no. 5, p. 265-273, 2011.
- VALIZADEH, S. et al. Effect of object position in cone beam computed tomography field of view for detection of root fractures in teeth with intra-canal posts. **Iran. J. Radiol.**, Tehran, v. 12, no. 4, p. e25272, Oct. 2015.
- VASCONCELOS, T. V. et al. Evaluation of artifacts generated by zirconium implants in cone-beam computed tomography images. **Oral Surg. Oral Med. Oral Pathol. Oral Radiol.**, New York, v. 123, no. 2, p. 265-272, Feb. 2017.
- VERNER, F. S. et al. Influence of cone-beam computed tomography filters on diagnosis of simulated endodontic complications. **Int. Endod. J.**, Oxford, v. 50, no. 11, p. 1089-1096, Nov. 2017.
- XIA, D. et al. Optimization-based image reconstruction with artifact reduction in C-arm TCFC. **Phys. Med. Biol.**, Bristol, v. 61, no. 20, p. 7300-7333, Oct 2016.
- ZHAO, W. et al. A model-based scatter artifacts correction for cone beam CT. **Med. Phys.**, Pisa, v. 43, no. 4, p. 1736, Apr. 2016.