

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
FACULDADE DE ODONTOLOGIA

DAIANA SPESSATTO BOURSCHEID

ANÁLISE QUANTITATIVA DO ARTEFATO INDUZIDO POR NÚCLEOS FUNDIDOS
EM DUAS DIFERENTES LIGAS METÁLICAS EM IMAGENS DE
MICROTOMOGRAFIA

Porto Alegre

2019

DAIANA SPESSATTO BOURSCHEID

ANÁLISE QUANTITATIVA DO ARTEFATO INDUZIDO POR NÚCLEOS FUNDIDOS
EM DUAS DIFERENTES LIGAS METÁLICAS EM IMAGENS DE
MICROTOMOGRAFIA

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 Cirurgiã-Dentista.

Orientadora: Vania Regina Camargo
Fontanella

Porto Alegre

2019

DAIANA SPESSATTO BOURSCHEID

ANÁLISE QUANTITATIVA DO ARTEFATO INDUZIDO POR NÚCLEOS FUNDIDOS
EM DUAS DIFERENTES LIGAS METÁLICAS EM IMAGENS DE
MICROTOMOGRÁFIA

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 Cirurgiã-Dentista.

Orientadora: Profa. Dra. Vania Regina Camargo Fontanella

Porto Alegre, 9 de julho de 2019

Profa. Dra. Cristiane Machado Mengatto
Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Profa. Dra. Naiara Leites Larentis
Universidade Luterana do Brasil

Profa. Dra. Vania Regina C. Fontanella
Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Ao meu marido Gustavo e às nossas filhas Anastácia e Ariadne.

AGRADECIMENTOS

Agradeço à minha religiosidade que me faz acreditar em um Deus de amor, de justiça e de liberdade. Agradeço à figura histórica de Maria de Nazaré, a mulher que, ao dizer seu “sim”, trouxe ao mundo Jesus, o Redentor. Agradeço ao Espírito de Sabedoria e a esta fé que me permite entender o valor inestimável de cada vida humana que habita o planeta Terra.

Agradeço ao meu marido que dedicou nossos primeiros anos de casamento em cuidar de tudo, casa, filhas, ausências. Sem ti, Gustavo, nada seria possível.

Agradeço às minhas filhas, Anastácia e Ariadne, por serem excessivamente amorosas e amadas.

Agradeço à minha mãe, Clarinda, que perdeu meu pai Antônio muito cedo, mas nunca me ensinou a desistir e por sua insistência em indicar o caminho reto e justo. Meu carinho especial à minha irmã Vivian, ao meu irmão Tiago e ao meu padrasto, Tadeu que acompanham minha trajetória.

Agradeço aos meus primeiros professores de escola dos quais eu imito a letra e algumas ideias. Tenho na memória muitos momentos felizes da infância ligados ao período da escolarização – amigos, brincadeiras e aprendizagens. Junto aqui as colegas de trabalho e, certamente, toda a ajuda das amigas Suelen Pedretti e Patrícia Michelin que tornaram os últimos anos de faculdade mais leves e produtivos.

Serei eternamente grata ao “sim” que a Universidade Federal do Rio Grande do Sul e a estimada Faculdade de Odontologia deram à abertura do curso de Odontologia Noturno para o ano de 2010. Essa opção em abrir vagas inclusivas permitiu que a minha história de vida mudasse para sempre. Muito obrigada, de todo o meu coração.

Fazer parte da FO-UFRGS permitiu-me ter aula com professores doutores dos quais levo muitos ensinamentos. Admiro o rigor com a língua portuguesa dos professores de Endodontia, a maestria dos gestos da Cirurgia Buco-maxilo-facial, a satisfação com que ensinam Epidemiologia, a beleza da Anatomia Dental, a habilidade em confeccionar Próteses Dentárias, a seriedade em avaliar exames de Patologia e Radiologia e, mais que tudo, o rigor científico da Periodontia.

Tenho carinho e afeto por muitos dos mestres e destaco meu agradecimento aos professores doutores Márcia C. Figueiredo, Juliana J. Jardim, José P. Figueiredo, Sergio Estelita, Carmen B. B. Fortes, Deise Ponzoni, Camila M. Santos, Susana M. W. Samuel, João Ferlini F^o, Roger K. Celeste, Lina N. Hashizume e Ramona F. C. Toassi.

As disciplinas de estágio tiveram influência significativa na minha formação e, por isso sou muito agradecida aos professores Eloá Rossoni, Aline Blaya Martins e Matheus Neves.

Agradeço a oportunidade de ter a professora Cristiane Mengatto na banca de avaliação do TCC, que nas aulas de pré-clínica ensinou que o cirurgião-dentista trabalha com a bancada limpa, instrumental organizado e manipula o material com classe e segurança. Professora Mengatto, tua postura profissional e tua dedicação pela Odontologia me ensinam muito.

Agradeço à professora Naiara Leites Larentis que atendeu o convite de fazer parte da banca avaliadora desse trabalho, tua presença valoriza esse momento.

Sou agradecida ao Laboratório de Materiais Dentários, da Faculdade de Odontologia da UFRGS, por permitir o uso do μ CT e ao João Carlos Fraga pela aquisição das imagens que foram o objeto deste estudo.

Professora Vânia R. C. Fontanella a quem admiro desde a primeira aula, confesso que desejei muito fazer tua disciplina eletiva “Métodos Especiais De Diagnóstico Por Imagens”, simplesmente, porque as aulas seriam ministradas por ti. Não imaginava ter a oportunidade de compartilhar a conclusão do curso contigo. Serei para sempre grata por tua orientação e por seres minha inspiração.

*Feliz aquela que acreditou,
pois o que lhe foi dito da parte do Senhor
será cumprido!*

Lc 1, 45

RESUMO

O presente estudo *in vitro* teve por objetivo quantificar a intensidade do artefato produzido por microtomografia computadorizada na presença de retentores intrarradiculares fundidos em cobre-alumínio-zinco e níquel-cromo. Para tanto, 25 incisivos bovinos de dimensões semelhantes e tratados endodonticamente foram utilizados. Para cada um deles houve a fundição dois núcleos com diferentes ligas metálicas: cobre-alumínio-zinco (CAZ) e níquel-cromo (NC). Os dentes foram submetidos à microtomografia no equipamento InspeXio SMX-90CT® - Shimadzu Benchtop Microfocus X-Ray CT System e as imagens preparadas no *software* RadiAnt DICOM Viewer®. Para cada volume adquirido foram selecionadas três imagens de cortes 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). As três imagens das diferentes ligas foram avaliadas quanto à variação do desvio-padrão da intensidade de *pixel na dentina*. Um segundo pesquisador, previamente, calibrado (ICC=0,997; p=0,000) realizou a análise das imagens sob condições padronizadas. O artefato gerado pelo metal foi expresso pelo desvio-padrão da intensidade de *pixels* da dentina; as ligas foram comparadas pelos Testes de Wilcoxon (NC: 13,75; CAZ: 12,35 - p≤0,01); e os terços pelo Teste de Friedman (maior no terço médio - p≤0,01). Conclui-se que a liga NC produziu, significativamente, mais artefato ao ser comparada à liga CAZ em imagens de μ CT. O terço médio do retentor apresentou a maior intensidade de artefato para as duas ligas.

Palavras-chave: Técnica para retentor intrarradicular. Microtomografia por raio-X. Artefatos.

ABSTRACT

This *in vitro* study aimed to quantify the intensity of the artifact produced by microtomography in presence of copper-aluminum-zinc and nickel-chromium post and cores. 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). The teeth were submitted to microtomography in InspeXio SMX-90CT® - Shimadzu Benchtop Microfocus X-Ray CT System and the images were prepared in RadiAnt DICOM Viewer® software. For each volume acquired, three images of axial sections were selected: the most apical that recorded the entire circumference of the retainer (A); the most cervical that registers the whole radicular circumference (C); and the intermediate one to the two cuts described above, representative of the middle third of the retainer (M). The three images with different metal posts were evaluated for the standard deviation of the pixel intensity in dentin. A second examiner, previously calibrated (ICC=0,997; p=0,000) analyzed the images under standardized conditions. The artifact generated by the metal was expressed by the standard deviation of the pixel intensity of the dentin; the two alloys were compared by Wilcoxon Test (NC: 13.75; CAZ: 12.35 - $p \leq 0.01$); and the differences among thirds were evaluated by Friedman Test (higher in the middle third - $p \leq 0.01$). It was concluded that NC alloy produced, significantly, more artifact when compared to CAZ alloy at μ CT images. The middle third of the retainer presented more artefact for the two alloys.

Keywords: Post and Core technique. X-Ray Microtomography. Artifacts.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	10
2	OBJETIVOS	14
2.1	Objetivos Gerais	14
2.2	Objetivos Específicos	14
3	METODOLOGIA	15
3.1	Amostra	15
3.2	Obtenção das imagens	15
3.3	Preparo das imagens	16
3.4	Análise das imagens	17
3.5	Análise estatística	17
4	RESULTADOS	19
5	DISCUSSÃO	20
6	CONCLUSÃO	22
	REFERÊNCIAS	23

1 INTRODUÇÃO

Durante os anos 1980, a microtomografia por raios X (μ CT) foi desenvolvida nos laboratórios de pesquisa para obtenção de imagem tridimensionais de estruturas cerâmicas e ósseas a partir de espécimes de pequenas dimensões. Diferentemente do tomógrafo (CT), em que o objeto de estudo é circundado pelos feixes de radiação, o aparelho de μ CT possui uma plataforma rotatória em que se coloca a amostra e os feixes são emitidos a partir de um ponto fixo (ELLIOT; DOVER, 1982). Assim, a imagem tridimensional é gerada diretamente e não a partir de composição de imagens bidimensionais como o faz a CT (FELDKAMP *et al.*, 1989).

A μ CT escaneia materiais de estudo com pequenas dimensões, oferecendo uma resolução micrométrica. Entretanto, a alta dose de radiação e o prolongando tempo de exposição, geralmente utilizados, inviabilizam seu uso para estudos clínicos. Por outro lado, a μ CT tem majoritária aplicação quando se deseja analisar estrutura, densidade e composição óssea ou dentária em estudos com pequenos animais ou amostras *ex vivo*. É um método acurado e sensível, com alta resolução e contraste, permitindo a quantificação da concentração mineral (DAVIS; EVERSHED; MILLS, 2013).

Os princípios da μ CT são análogos à CT clínica, sendo que a μ CT supera limitações de qualidade e de detalhe devido à sua maior resolução. A informação tomográfica é reconstruída a partir de uma série de tomadas radiográficas enquanto a amostra gira em uma base posicionada entre o emissor de raios X e a placa detectora. Os raios X são atenuados ao passar pelo objeto em exame, porém como são realizadas inúmeras tomadas ao redor do mesmo, é possível identificar os diferentes componentes da amostra (BOUXSEIN *et al.*, 2010; RUTTY *et al.*, 2013).

Em pesquisas odontológicas, por exemplo, a μ CT oferece a possibilidade de analisar detalhadamente uma estrutura sem destruir a amostra (RITMAN, 2004) como ocorre no exame histológico, o qual exige o fatiamento do espécime. A μ CT, adicionalmente, quantifica a perda mineral causada nas estruturas dentárias e ósseas. Boca *et al.* (2017) compararam cortes histológicos e microtomográficos correspondentes e observaram que a μ CT constitui uma alternativa como método de validação em estudos que avaliam lesões de cárie.

O estudo de Huang *et al.* (2017) analisou a qualidade de selamento de três diferentes materiais endodônticos por meio de imagens de μ CT e nanotomografia computadorizada (nCT), comparando diferentes materiais. As imagens de μ CT forneceram uma avaliação tridimensional de alta resolução da estrutura interna dos canais radiculares e possibilitou caracterizar a presença de volume vazio em diferentes técnicas de obturação de canais radiculares. Ao comparar as imagens das duas técnicas os autores consideraram a nCT superior para quantificar a porosidade dos materiais.

A μ CT tornou-se o exame padrão-ouro para avaliação *ex vivo* da morfologia e da microarquitetura óssea (BOUXSEIN *et al.*, 2010) e pode ser útil na análise da osseointegração de implantes (CHOI; CHOI; YEO, 2018). Li *et al.* (2013) avaliaram o contato osso-implante e observaram que existe influência da angulação da amostra quanto à extensão dos artefatos em torno do titânio nas imagens de μ CT.

O estudo de Ossareh, Rosentritt e Kishen (2018) utilizou imagens de μ CT antes, durante e depois dos ciclos de testes para medir a resistência biomecânica de dentes que tiveram remoção iatrogênica de dentina radicular e determinar o risco de fraturas verticais. O diagnóstico por imagem de fraturas radiculares verticais em raízes contendo material obturador permanece um desafio devido ao artefato inevitavelmente gerado pelo preenchimento endodôntico (FOX *et al.*, 2018; HUANG *et al.*, 2014).

A presença de materiais de alta densidade, comuns na Odontologia, interfere no exame de imagens com a manifestação desses artefatos. Ocorre uma discrepância entre o modelo matemático e o processamento físico da imagem, fator capaz de alterar o diagnóstico (QUEIROZ *et al.*, 2017). Os erros que degradam a imagem causados pelo efeito de endurecimento de feixe de raios X (EEF) na presença de corpos densos são classificados como artefato de escavação, halo hipodenso, estrias escuras e artefato de extinção. Artefato de escavação é uma distorção no contorno do material que impossibilita ver com clareza a sua forma. Halo hipodenso é uma área escura adjacente ao material. Estrias escuras são causadas pela difração dos fótons quando ocorre a passagem do feixe de raios X em seu caminho original após a interação com a matéria, trata-se de uma inconsistência de medição. Artefato de extinção ocorre quando fótons insuficientes atingem os detectores e o processo de reconstrução da imagem sofre grande ruído e fica muito prejudicado (BARRETT; KEAT, 2004; SCHULZE *et al.*, 2011;

VASCONCELOS *et al.*, 2015). Essas interferências causam dificuldade de diagnóstico e, por isso, existem muitos estudos sobre a utilização de diferentes algoritmos para redução dos artefatos (FERREIRA *et al.*, 2015; KAJAN *et al.*, 2018; NASCIMENTO *et al.*, 2014; RABELO *et al.*, 2017; SCHULZE *et al.*, 2011; SILVA *et al.*, 2018; VAZ *et al.*, 2016). Queiroz *et al.* (2017), utilizaram treze protocolos distintos de ferramentas para redução de artefatos em anel e por EEF de forma combinada. Os resultados não definiram qual protocolo seria o mais adequado para pesquisas com μ CT em endodontia.

O estudo de Vagberg, Larsson e Hertz (2017) propõe que a correção do artefato seja realizada no momento da tomada da imagem, pois esta é mais efetiva do que a aplicação de filtros no pós-processamento. Esta correção utiliza filtragem de alumínio na saída do feixe de raios X e sua espessura deve ser calculada em função das características do equipamento utilizado e da amostra a ser escaneada.

Dentes tratados endodonticamente são comumente restaurados com a utilização de núcleos e pinos intrarradiculares que favorecem a retenção do material restaurador. Em geral, são dentes com extensa perda de estrutura, cuja dentina remanescente apresenta propriedades fisiológicas alteradas, com maior risco de fratura (SOARES *et al.*, 2008).

O núcleo metálico fundido é uma das opções de retentor intrarradicular para a reabilitação protética (CLAVIJO *et al.*, 2009; ROBBINS, 2004; SCHWARTZ; ZHANG *et al.*, 2015a; ZHOU *et al.*, 2013). Idealmente, o material para os retentores intrarradiculares deve apresentar módulo de elasticidade que se aproxime ao da dentina. O núcleo metálico fundido pode transmitir tensões apicais geradoras de fratura, pois possui alto módulo de elasticidade (SOARES *et al.*, 2008).

Há 50 anos as ligas metálicas são utilizadas na fundição de retentores radiculares e seu desempenho clínico está comprovado por uma grande quantidade de estudos longitudinais. A liga metálica deve apresentar resistência suficiente para não se deformar durante as ações mastigatórias. Se não for viável utilizar uma liga de metal nobre, pode-se utilizar ligas de metais não-nobres como cobre-alumínio e evitar ligas com alto valor de dureza como cromo-cobalto ou níquel-cromo. Clinicamente, a liga de níquel-cromo não sofre corrosão, porém pode causar reações alérgicas (PEREIRA *et al.*, 2011; ZHANG *et al.*, 2015b).

Não foram encontrados na literatura relatos de estudos que comparem o artefato gerado por retentores radiculares fundidos em diferentes ligas metálicas nos

exames tomográficos, além do estudo de Telöken (2018), que utilizou a tomografia computadorizada por feixe cônico (TCFC).

Desta forma, o objetivo do presente estudo *in vitro* foi quantificar a intensidade do artefato produzido por retentores fundidos em ligas de cobre-alumínio-zinco (CAZ) e níquel-cromo (NC) em imagens de microtomografia.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Quantificar a intensidade do artefato produzido por retentores metálicos fundidos em ligas de cobre-alumínio-zinco (CAZ) e níquel-cromo (NC) sobre a dentina de dentes bovinos em imagens de microtomografia.

2.2 Objetivos Específicos

Comparar a variação da intensidade do artefato em função:

- a) da liga metálica utilizada para a fundição;
- b) da posição do corte axial em que é medido.

3 METODOLOGIA

O presente estudo *in vitro* faz parte de um projeto maior avaliado e aprovado por comitê de pesquisa da Faculdade de Odontologia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (registro no sistema de pesquisa n. 30139) com dispensa de avaliação por comitê de ética.

3.1 Amostra

O cálculo da amostra usou por base o método proposto por Charan e Kantharia (2013), que resultou em um número amostral mínimo de 20. Prevendo eventuais perdas, foram utilizados 25 dentes incisivos inferiores bovinos hígidos, coletados em frigoríficos. Os dentes selecionados possuem dimensões semelhantes, aferidas por imagens radiográficas nos sentidos vestibulo-lingual e mesiodistal com raízes retas e livres de defeitos, já utilizadas em um estudo prévio (TELÖKEN, 2018).

Foram seccionadas as coroas, padronizando o comprimento radicular em 15 mm a partir do ápice. Os dentes passaram por tratamento endodôntico com preparo químico-mecânico e obturação com gutta-percha, cimento Endofill® e técnica de condensação lateral. Conforme descrito no estudo de Telöken, 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 comprimento de 10mm, preservando 5 mm de material obturador no ápice radicular.

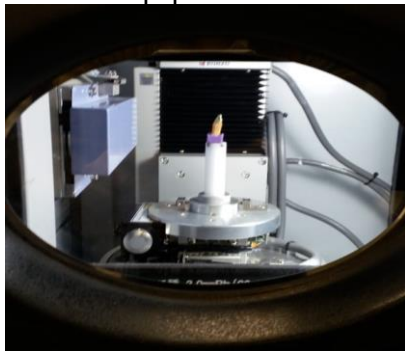
Para cada dente foram confeccionados dois núcleos: um deles fundido com liga de cobre-alumínio-zinco (CAZ) (Goldent®, Biodente Materiais Odontológicos, Chapecó, SC, Brasil) e outro com liga de níquel-cromo (NC) (Fitcast Titanium®, Talmax, Curitiba, PR, Brasil).

3.2 Obtenção das imagens

Os dentes foram individualmente incluídos em bases de silicona (Scan Bite®, Yller, Pelotas, RS, Brasil) de dimensões padronizadas (altura: 8 mm; largura: 10 mm; profundidade: 10 mm).

Os blocos foram posicionados com a cervical voltada para cima no centro da base do equipamento (Figura 1) de microtomografia InspeXio SMX-90CT® (Shimadzu, Chiyoda-ku, Tokyo) e submetidos ao escaneamento com cada um dos dois núcleos fundidos, separadamente. O equipamento utilizado está instalado no Laboratório de Materiais Dentários da FO-UFRGS (Figura 2).

Figura 1 - Bloco posicionado no equipamento



Fonte: a autora

Figura 2 - Equipamento InspeXio SMX-90CT®



Fonte: a autora

Os parâmetros técnicos de escaneamento foram tensão do tubo regulada em 80 kV e corrente em 120mA, *field of view* de 21 mm x 9 mm e tamanho de *voxel* de 0,02 mm. Os dados volumétricos foram armazenados no formato DICOM (*Digital Imaging and Communications in Medicine*). Todas as condições de aquisição das imagens foram padronizadas.

3.3 Preparo das imagens

Todas as imagens foram preparadas de forma padronizada por um examinador treinado para a avaliação de imagens por μ CT. Os volumes foram abertos no *software* RadiAnt DICOM Viewer® (Medixant, Poznan, Polônia) no modo reconstrução multiplanar (MPR). Os parâmetros de brilho e contraste foram padronizados (WL: 2515, WW: 1026) e o plano axial visualizado na tela em tamanho real.

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), as quais

foram arquivadas no formato 8 bits (256 tons de cinza), extensão .jpg sem compressão e codificadas.

3.4 Análise das imagens

Um segundo pesquisador, previamente calibrado (ICC = 0,997; $p=0,000$) para o estudo de Telöken, realizou a medição e a análise das imagens sob condições padronizadas.

As imagens codificadas foram importadas para *software* Adobe Photoshop CS5® versão 12.0 (Adobe Inc., San Jose, CA, EUA), abertas simultaneamente as duas imagens do mesmo dente e corte axial com os dois retentores.

Sobre as imagens foi selecionada a área correspondente à dentina, contornando o dente e excluindo o retentor, assim como as áreas hipodensas correspondentes a eventuais espaços vazios à interface dentina/retentor. Com base na ferramenta histograma, foram obtidos e anotados em planilha os valores de desvio-padrão da intensidade de *pixel* da área selecionada. A seleção foi copiada para a segunda imagem do mesmo terço e os mesmos valores anotados (Figura 3).

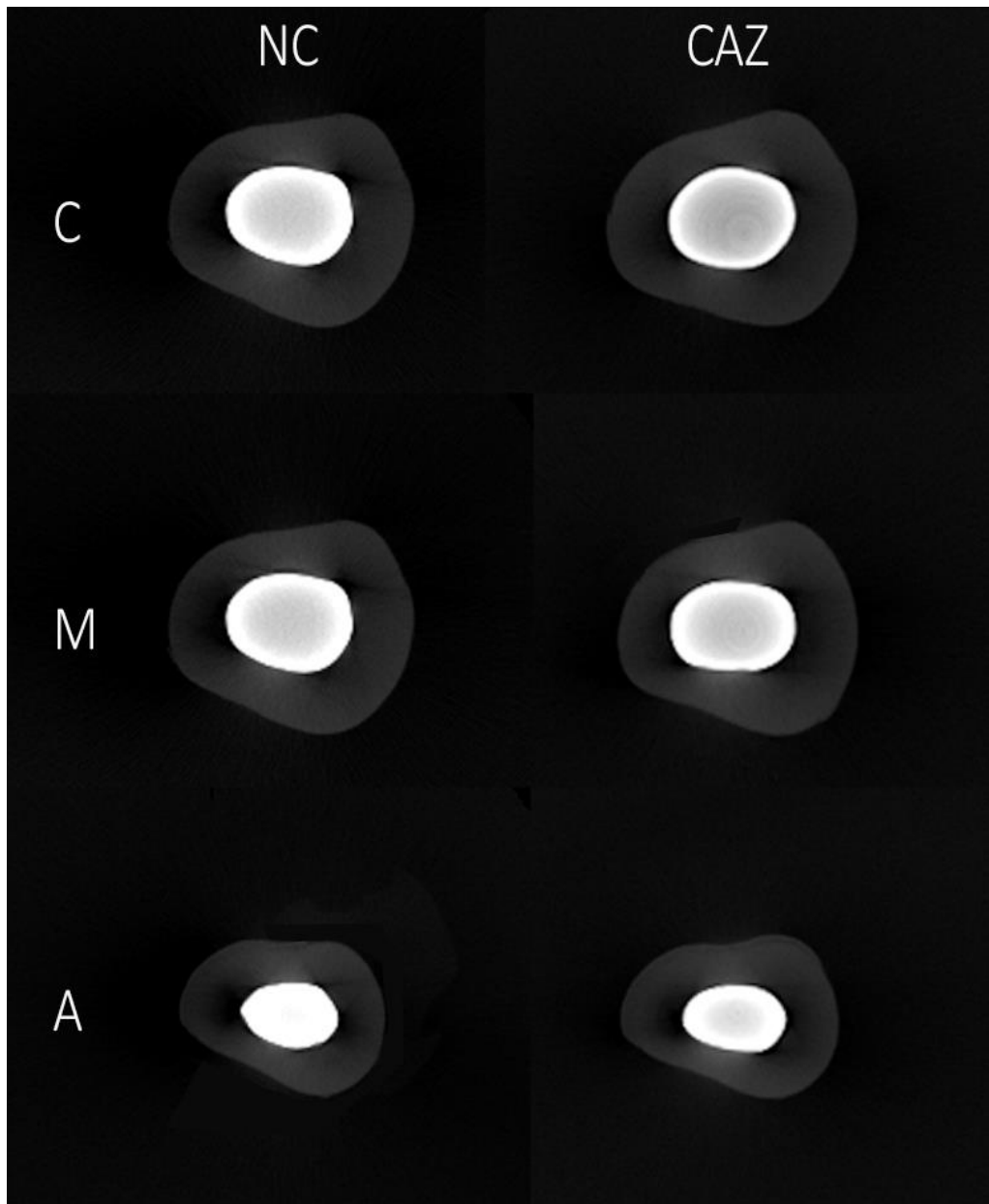
3.5 Análise estatística

Como a condição de normalidade da distribuição dos dados não foi satisfeita (teste Kolmogorov-Smirnov), foram utilizadas estatísticas não paramétricas.

Na comparação das ligas metálicas foi utilizado o Teste de Wilcoxon, para a avaliação de possíveis diferenças entre os terços utilizou-se o Teste de Friedman.

O nível de significância máximo assumido foi de 5% ($p\leq 0,05$) e *software* utilizado para a análise estatística o SPSS® versão 22.0 (IBM Analytics, Quarry Bay, Hong Kong).

Figura 3 - Exemplo de um caso da amostra contendo núcleos metálicos em ligas de NC à esquerda e de CAZ à direita, nos cortes cervical (C), médio (M) e apical (A)



Fonte: a autora

4 RESULTADOS

Uma das raízes foi perdida por fratura no momento 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 (tabela 1, Teste não-paramétrico de Wilcoxon, $p \leq 0,01$).

Tabela 1 - Comparação da variação na intensidade de pixels da dentina nas duas ligas em função do corte (Teste não-paramétrico de Wilcoxon)

Terço	N	NC		CAZ		P
		Média	DP	Média	DP	
Apical	24	12,96	4,52	11,05	4,28	0,000*
Médio	24	14,66	2,95	13,27	3,13	0,000*
Cervical	24	13,63	3,33	12,75	3,33	0,002*

Fonte: a autora

Legenda: CAZ: cobre-alumínio-zinco, NC: níquel-cromo. * significativo $p \leq 0,01$

A intensidade de artefato variou significativamente em função da localização do corte avaliado, para ambas as ligas em estudo (tabela 2, Teste não-paramétrico de Friedman). O artefato foi significativamente maior no terço médio do retentor para a liga NC e os terços apical e cervical não diferiram entre si. Para a liga CAZ observa-se que o artefato foi significativamente maior nos terços médio e cervical do retentor, os quais não diferiram entre si.

Tabela 2 - Comparação da variação na intensidade de pixels da dentina entre os terços do retentor para as duas ligas avaliadas (Teste não-paramétrico de Friedman)

Variável	N	Terço						P
		Apical		Médio		Cervical		
		Média	DP	Média	DP	Média	DP	
NC	24	12,96 ^A	4,52	14,66 ^B	2,95	13,63 ^A	3,33	0,018*
CAZ	24	11,05 ^A	4,28	13,27 ^B	3,13	12,75 ^B	3,33	0,006**

Fonte: a autora

CAZ: cobre-alumínio-zinco, NC: níquel-cromo. ** significativo $p \leq 0,01$; * significativo $p \leq 0,05$. Valores seguidos de mesma letra NÃO diferem entre si.

5 DISCUSSÃO

O principal resultado do presente estudo foi a constatação da presença de artefatos associados a ambas as ligas estudadas, o que traz uma importante limitação no uso da μ CT - no protocolo utilizado - como exame padrão-ouro em estudos futuros que visem avaliar a adaptação de retentores intrarradiculares em TCFC.

Houve diferença significativa na intensidade do artefato produzido pelas duas ligas, sendo mais expressivo na presença elementos de maior número atômico como ocorre também na tomografia TCFC (CODARI et al., 2017; PAUWELS et al., 2013). Contudo, a amplitude da variação da intensidade de *pixels* na μ CT foi aproximadamente a metade da observada em TCFC empregando a mesma metodologia (TELÖKEN, 2018).

De fato, a μ CT apresenta menos artefatos de imagem do que a tomografia de feixe em leque (DAVIS; EVERSHED; MILLS, 2013; RUTTY *et al.*, 2013), porém sem comparativo com a TCFC.

Telöken (2018) observou em TCFC que a intensidade do artefato foi uniforme ao longo de todo o retentor, não havendo variação significativa em função do corte (apical, médio ou cervical), o que não se repetiu no presente estudo, pois a intensidade do artefato foi maior no terço médio nos dois grupos, seguida do terço cervical e então apical. Contudo, o padrão estatístico variou entre as ligas estudadas. A menor quantidade de metal no terço apical do retentor poderia ser um dos fatores responsáveis pelo menor artefato nesta região, porém estudos adicionais são necessários para testar esta hipótese.

Inúmeros estudos procuram os melhores protocolos de processamento pré e pós-escaneamento e realizaram comparação da sua interferência na imagem em função da composição dos materiais restauradores em TCFC e μ CT (BARRETT; KEAT, 2004; CLAVIJO *et al.*, 2009; FERREIRA *et al.*, 2015; FOX *et al.*, 2018; QUEIROZ *et al.*, 2017; SCHULZE *et al.*, 2011; VASCONCELOS *et al.*, 2015).

O presente estudo utilizou dentes bovinos, o que pode ser considerada uma limitação, pois as dimensões do conduto radicular são proporcionalmente maiores do que em dentes humanos gerando mais artefato. Os dentes foram padronizados em relação às suas dimensões e proporção entre conduto radicular e raiz, assim

como foram padronizados os tamanhos e formatos dos retentores. Contudo, deve-se considerar que os dois núcleos metálicos fundidos para o mesmo dente podem, apesar de todos os cuidados, apresentar pequenas diferenças decorrentes das etapas de sua confecção, que podem introduzir variáveis de superfície (ANUSAVICE, 2005; SHEN, 2005) acrescentando sua parcela de alterações à peça final.

A relevância clínica do presente estudo justifica-se pelo fato de que a presença de material intrarradicular causa diferentes artefatos de imagem por EEF em TCFC, passíveis de diminuir a acurácia do diagnóstico de fraturas radiculares, reabsorções, perfurações, desadaptação de retentores intrarradiculares ou falhas de tratamento endodôntico. Pereira *et al.* (2011) sugerem o uso de ligas de cobre-alumínio na confecção de núcleos metálicos fundidos, evitando as de níquel-cromo ou cromo-cobalto, que são ligas com alto valor de dureza. A diferença na intensidade de artefato gerado por duas ligas distintas permite considerar que essa característica deve se somar às demais propriedades consideradas na escolha das ligas metálicas.

6 CONCLUSÃO

Com base nos resultados do presente estudo, conclui-se que a liga NC produz, significativamente, mais artefato do que a liga CAZ em imagens de μ CT. Em ambos os casos, o maior artefato ocorreu no terço médio, diminuindo em direção aos extremos da raiz (cervical e apical).

REFERÊNCIAS

- ANUSAVICE, K. J. Procedimentos e revestimentos para fundição. *In*: ANUSAVICE, K. J. (org.). **Philips Materiais Dentários**. 12. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2005. p. 275-328.
- BARRETT, J. F.; KEAT, N. Artifacts in CT: recognition and avoidance. **RadioGraphics**, v. 24, n. 6, p. 1679-1691, 2004.
- BOCA, C. *et al.* Comparison of micro-CT imaging and histology for approximal caries detection. **Scientific Reports**, v. 7, n. 1, p. 1-9, 2017.
- BOUXSEIN, M. L. *et al.* Guidelines for assessment of bone microstructure in rodents using micro-computed tomography. **Journal of Bone and Mineral Research**, v. 25, n. 7, p. 1468–1486, 2010.
- CHARAN, J.; KANTHARIA, N. D. How to calculate sample size in animal studies? **Journal of Pharmacology & Pharmacotherapeutics**, v. 4, n. 4, p. 303-306, 2013.
- CHOI, J. Y. C.; CHOI, C. A.; YEO, I. S. L. Spiral scanning imaging and quantitative calculation of the 3-dimensional screw-shaped bone-implant interface on micro-computed tomography. **Journal of Periodontal & Implant Science**, v. 48, n. 4, p. 202-212, 2018.
- CLAVIJO, V. G. R. *et al.* Fracture strength of flared bovine roots restored with different intraradicular posts. **Journal of Applied Oral Science**, v. 17, n. 6, p. 574-578, 2009.
- CODARI, M. *et al.* Quantitative evaluation of metal artifacts using different CBCT devices, high-density materials and field of views. **Clinical Oral Implants Research**, v. 28, n. 12, p. 1509-1514, 2017.
- DAVIS, G. R.; EVERSLED, A. N. Z.; MILLS, D. Quantitative high contrast Xray microtomography for dental research. **Journal of Dentistry**, v. 41, n. 5, p. 475–482, 2013.
- ELLIOTT, J. C.; DOVER, S. D. X-ray microtomography. **Journal of Microscopy-Oxford**, v. 126, n. 2, p. 211–213, 1982.
- FELDKAMP, L. A. *et al.* The direct examination of three-dimensional bone architecture in vitro by computed tomography. **Journal of Bone and Mineral Research**, v. 4, n. 1, p. 3-11, 1989.
- 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. **Dentomaxillofacial Radiology**, v. 44, n. 5, p. 1-6, 2015.

FOX, A. *et al.* The Performance of a Zirconium-based Root Filling Material with Artifact ReduCTION Properties in the Detection of Artificially Induced Root Fractures Using Cone-Beam Computed Tomographic Imaging. **Journal of Endodontics**, v. 44, n. 5, p. 828-833, 2018.

HUANG, C. C. *et al.* Analysis of the width of vertical root fracture in endodontically treated teeth by 2 micro-computed tomography systems. **Journal of Endodontics**, v. 40, n. 5, p. 698-702, 2014.

HUANG, Y. *et al.* Micro-CT and nano-CT analysis of filling quality of three different endodontic sealers. **Dentomaxillofacial Radiology**, v. 46, n. 8, p. 1-8, 2017.

KAJAN, D. Z. *et al.* The Efficacy of Metal Artifact ReduCTION Mode in Cone-Beam Computed Tomography Images on Diagnostic Accuracy of Root Fractures in Teeth with Intracanal Posts. **Iranian Endodontic Journal**, v. 13, n. 1, p. 47-53, 2018.

LI, J. Y. *et al.* Quantitative analysis of titanium-induced artifacts and correlated factors during micro-CT scanning. **Clinical Oral Implants Research**, v. 24, n. 4, p. 506-510, 2014.

NASCIMENTO, M. C. *et al.* Influence of cone beam CT enhancement filters on diagnosis ability of longitudinal root fractures. **Dentomaxillofacial Radiology**, v. 43, n. 3, p. 1-5, 2014.

OSSAREH, A.; ROSENTRITT, M.; KISHEN, A. Biomechanical studies on the effect of iatrogenic dentin removal on vertical root fractures. **Journal of Conservative Dentistry**, v. 21, n. 3, p. 290-296, 2018.

PAUWELS, R. *et al.* Quantification of metal artifacts on cone beam computed tomography images. **Clinical Oral Implants Research**, v. 24, p. 94-99, 2013. Suppl. A100.

PEREIRA, J. R. *et al.* Núcleos Metálicos Fundinos. *In*: PEREIRA, J. R. (org.). **Retentores Intrarradiculares**. 1. ed. São Paulo: Artes Médicas, 2011. p. 43-113.

QUEIROZ, P. M. *et al.* Evaluation of the efficacy of a metal artifact red�CTION algorithm in different cone beam computed tomography scanning parameters. **Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology**, v. 123, n. 6, p. 729-734, 2017.

RABELO, K. A. *et al.* Quantitative assessment of image artifacts from root filling materials on CBCT scans made using several exposure parameters, **Imaging Science in Dentistry**, v. 47, p. 189-197, 2017.

RITMAN, E. L. Micro-computed tomography: current status and developments. **Annual Review of Biomedical Engineering**, v. 6, p. 185-208, 2004.

RUTTY, G. N. *et al.* The role of micro-computed tomography in forensic investigations. **Forensic Science International**, v. 225, n. 1/3, p. 60-66, 2012.

SCHULZE, R. *et al.* Artifacts in CBCT: a review. **Dentomaxillofacial Radiology**, v. 40, n. 5, p. 265-273, 2011.

SCHWARTZ, R. S.; ROBBINS, J. W. Post placement and restoration of endodontically treated teeth: a literature review. **Journal of Endodontics**, v. 30, n. 5, p. 289-301, 2004.

SHEN, C. Materiais de moldagem. *In*: ANUSAVICE, K. J. (org.). **Philips Materiais Dentários**. 12. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2005. p. 193-238.

SILVA, D. de M. *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, **Journal of Endodontics**, v. 44, n. 3, p. 470-474, 2018.

SOARES, C. J. *et al.* Influence of airborne-particle abrasion on mechanical properties and bond strength of carbon/epoxy and glass/bis-GMA fiber-reinforced resin posts. **Journal of Prosthetic Dentistry**, v. 99, n. 6, p. 444-454, 2008.

TELÖKEN, M. A., **Quantificação de artefatos em tomografia de feixe cônico gerados por retentores intrarradiculares fundidos em duas diferentes ligas e influência do filtro de nitidez**. 2018. 30f. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Odontologia), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2018.

VÅGBERG, W.; LARSSON, J. C.; HERTZ H. M. Removal of ring artifacts in microtomography by characterization of scintillator variations. **Optics Express**, v. 25, n. 19, p. 23191-23198, 2017.

VASCONCELOS, K. F. *et al.* Artefact expression associated with several cone-beam computed tomographic machines when imaging root filled teeth. **International Endodontic Journal**, v. 48, n. 10, p. 994-1000, 2015.

VAZ, S. L. de A. *et al.* Efficacy of a cone beam computed tomography metal artifact reduction algorithm for the detection of peri-implant fenestrations and dehiscences. **Oral And Maxillofacial Radiology**, v. 121, n. 5, p. 550-556, 2016.

ZHANG, X. *et al.* A comparative analysis of metal allergens associated with dental alloy prostheses and the expression of HLA-DR in gingival tissue. **Molecular Medicine Reports**, v. 13, n. 1, p. 91-98, 2015b.

ZHANG, Y. Y. *et al.* The effects of ferrule configuration on the anti-fracture ability of fiber post-restored teeth. **Journal of Dentistry**, v. 43, n. 1, p. 117-125, 2015a.

ZHOU, L.; WANG, Q. Comparison of fracture resistance between cast posts and fiber posts: a meta-analysis of literature. **Journal of Endodontics**, v. 39, n. 1, p. 11-15, 2013.