

LAILA GONZALES FREIRE

Avaliação da remoção de debris dentinários após diferentes métodos de irrigação final e sua influência na obturação do sistema de canais radiculares, utilizando a microtomografia computadorizada

São Paulo
2014

LAILA GONZALES FREIRE

Avaliação da remoção de debris dentinários após diferentes métodos de irrigação final e sua influência na obturação do sistema de canais radiculares, utilizando a microtomografia computadorizada

Versão Corrigida

Tese apresentada à Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo, para obter o título de Doutor em Ciências Odontológicas

Área de Concentração: Endodontia

Orientador: Prof. Dr. Giulio Gavini
Co-Orientador: Prof. Dr. Marcelo dos Santos

São Paulo

2014

Catálogo da Publicação
Serviço de Documentação Odontológica
Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo

Freire, Laila Gonzales.

Avaliação da remoção de debris dentinários após diferentes métodos de irrigação final e sua influência na obturação do sistema de canais radiculares, utilizando a microtomografia computadorizada / Laila Gonzales Freire; orientador Giulio Gavini, co-orientador Marcelo dos Santos. -- São Paulo, 2014.

96 p. : il. : fig. ; 30 cm.

Tese (Doutorado) -- Programa de Pós-Graduação em Ciências Odontológicas. Área de Concentração: Endodontia. -- Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo.

Versão corrigida.

1. Irrigantes do canal radicular. 2. Obturação do canal radicular. 3. Instrumentos endodônticos. 4. Tratamento do canal radicular. 5. Microtomografia - Endodontia.
I. Gavini, Giulio. II. Santos, Marcelo dos. III. Título.

Freire LG. Avaliação da remoção de debris dentinários após diferentes métodos de irrigação final e sua influência na obturação do sistema de canais radiculares, utilizando a microtomografia computadorizada. Tese apresentada à Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Doutor em Ciências Odontológicas.

Aprovado em: / /2014

Banca Examinadora

Prof(a). Dr(a). _____

Instituição: _____ Julgamento: _____

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho em primeiro lugar aos meus pais, William e Blacia. Não poderia ser diferente pois são a razão da minha existência. Vocês me deram toda a base para que eu pudesse trilhar o meu caminho, e eu serei grata por toda a vida.

Ao meu marido Leonardo. Nos conhecemos quando iniciava o meu mestrado e agora, na conclusão do doutorado, posso dizer sem dúvidas que não teria conseguido sem o seu total apoio e incentivo. Sou privilegiada por ter você como amor maior e companheiro eterno.

À minha maninha, Joana. Assim, carinhosamente nos chamamos, e construímos a mais pura e sincera relação de irmãs. Obrigada por fazer parte da minha vida.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, pelos dons que me deu e por ter a certeza de que Ele está presente em todos os momentos de minha vida.

Ao Prof. Dr. Marcelo dos Santos, em especial. Obrigada por ter acreditado em mim, incentivando-me desde o início, com sua maneira bem particular. Hoje concluindo mais uma etapa, olho para trás e percebo o quanto você contribuiu para minha evolução como profissional e pessoa. Sou privilegiada em ter em você como meu orientador e mestre na endodontia, no ensino e na vida.

Ao Prof. Dr. Giulio Gavini, com quem tive o prazer de trabalhar nesta fase de doutorado, também como meu orientador. Obrigada pela orientação, por ter me acompanhando de perto, me dando os direcionamentos na hora certa. Agradeço imensamente por todo o apoio e pela confiança depositada em mim.

Ao Prof. Dr. Rodrigo Sanches Cunha. Não tenho palavras para agradecer tudo o que você fez por mim ao longo desses anos. Sinto muito a sua falta, mas ao mesmo tempo sei que você está desbravando outros horizontes e representando como ninguém a endodontia brasileira pelo mundo. Muito obrigada.

Ao Prof. Dr. Carlos Bueno, meu eterno e querido professor. Você é um exemplo pra mim e para todos os alunos e ex-alunos que fazem parte da Equipe de Endodontia de Campinas. Obrigada por ter acreditado em mim.

Aos professores do Departamento de Endodontia da FOUSP, Antoniazzi, Aun, Carla, Celso, Éricka, Igor, José Luis, Machado e Maine, pelo aprendizado de cada dia ao longo desses anos, nos créditos e nos estágios de graduação.

À Profa. Dra. Maria Rita Passos-Bueno por ter aberto as portas do Laboratório de Microtomografia do Instituto de Biologia da USP e à Simone Ferreira, responsável pelo aparelho, pela inestimável ajuda durante a fase de aquisição das imagens.

Aos meus amigos que compartilharam momentos especiais comigo na pós-graduação, em especial à Elaine que foi minha grande parceira no projeto do micrótomo.

À secretária do Departamento de Dentística, especialmente à Selma, pessoa incrível, de uma generosidade sem tamanho. Obrigada por tudo.

À Sonia, do laboratório de Dentística, pela disposição em sempre ajudar. Obrigada!

Às bibliotecárias que revisaram com muita competência as normas do presente trabalho. Obrigada.

Aos amigos do curso de atualização da Fundect, Margarete, Sandra, Isabel, Yolanda, Vera, Rodrigo, Leonardo, Alessandra e Valéria.

À equipe da disciplina de Endodontia da Unicastelo, que me acolheu com muito carinho, apesar do pouco tempo que trabalhamos juntos. Já aprendo muito com vocês.

Ao Sr. Alberto, Dona Helena, Ale e Dani, minha nova família. Obrigada pela torcida e pelo incentivo.

Às minhas sócias Nídia e Carla, pelo apoio incondicional e pela amizade sincera. Sem vocês essa conquista certamente não seria possível.

Aos amigos que fazem parte da Unique Odontologia, equipe única, que faz com muito orgulho uma Odontologia de excelência.

A todos os meus familiares e amigos, que perto ou à distância, vibram comigo.

À Capes, pela bolsa de estudos concedida.

“Nem tudo que se enfrenta pode ser modificado, mas nada pode ser modificado até que seja enfrentado”
(Albert Einstein)

RESUMO

Freire LG. Avaliação da remoção de debris dentinários após diferentes métodos de irrigação final e sua influência na obturação do sistema de canais radiculares, utilizando a microtomografia computadorizada [tese]. São Paulo: Universidade de São Paulo, Faculdade de Odontologia; 2014. Versão Corrigida

A instrumentação do canal radicular possui como consequência a formação de debris dentinários, os quais acumulam-se especialmente nas áreas mais complexas do sistema de canais radiculares. Por este motivo, atenção especial tem sido concedida aos métodos de agitação da substância química auxiliar, com o intuito de melhorar a sua eficácia química e mecânica. No entanto, não está claro se debris dentinários removidos do interior do canal radicular possuem efeito na qualidade da obturação. Portanto, os objetivos deste estudo foram, com o auxílio da microtomografia computadorizada (micro-CT): avaliar e quantificar a presença de debris dentinários em canais curvos, após o preparo químico-cirúrgico; comparar a remoção desses debris, após uso de Irrigação Ultrassônica Passiva (IUP) ou do sistema EndoVac; e avaliar a qualidade da obturação dos mesmos canais, mensurando o volume de material obturador e de espaços vazios. Vinte e quatro raízes mesiais de molares inferiores humanos extraídos foram divididos aleatoriamente em 2 grupos (n=12), de acordo com o método de irrigação final a ser avaliado. Cada espécime foi submetido a quatro escaneamentos: exame pré-operatório, exame pós-preparo, exame pós-irrigação final e exame pós-obturação, com um microtomógrafo de raios-X SkyScan 1176, a uma resolução de 17,42 μm . Após preparo químico-cirúrgico os grupos receberam irrigação final com IUP ou com o sistema EndoVac e em seguida obturados com a técnica termoplástica de ondas contínuas de condensação. Após a reconstrução das imagens resultantes dos quatro escaneamentos, o correto registro das mesmas foi realizado com o programa DataViewer. Os programas CTAn e CTvol foram utilizados para binarização dos objetos de interesse, análise volumétrica e reconstrução de modelos 3D do canal radicular, dos debris dentinários e do material obturador. Os dados foram analisados estatisticamente com o programa GraphPad Prism por meio do teste t de Student ($p < 0,05$). As análises de micro-CT revelaram debris dentinários acumulados no

interior dos canais radiculares, ocupando uma porcentagem média em relação ao volume do canal de 2,71% para o grupo IUP e 4,10% para o grupo EndoVac. Não houve diferença entre os grupos quanto à remoção de debris dentinários, nem em relação ao volume de material obturador e de espaços vazios ($p > 0,05$). Concluiu-se que a IUP e o sistema EndoVac foram igualmente eficientes na remoção de debris dentinários, reduzindo em média 50% do seu volume. Também, a ativação dos irrigantes pelos dois métodos não interferiu na qualidade da obturação do canal radicular.

Palavras-Chave: Irrigação do canal radicular. Obturação do canal radicular. Debris dentinários. Microtomografia computadorizada.

ABSTRACT

Freire LG. Hard-tissue debris removal after different final irrigation methods and its influence on the filling of the root canal system, using micro-computed tomography [thesis]. São Paulo: Universidade de São Paulo, Faculdade de Odontologia; 2014. Versão Corrigida

Root canal preparation has as a consequence the formation of hard-tissue debris, which accumulates specially in the complex areas of the root canal system. For this reason, special attention has been given to methods of agitation of the irrigants, aiming to improve its chemical and mechanical efficiency. However, it is not clear if dentin debris removed from the root canal have impact on the quality of root canal filling. Therefore, the objectives of this study were, with the aid of microcomputed tomography (micro-CT): evaluate and quantify the presence of hard-tissue debris in curved root canals, after chemical-surgical preparation; compare the removal of such debris after final irrigation with Passive Ultrasonic Irrigation (PUI) or with the EndoVac system; and evaluate the quality of filling of the same root canals, measuring the volume of filling material and voids. Twenty-four mesial roots of extracted mandibular human molars were randomly divided into 2 groups ($n = 12$) according to the method of final irrigation being evaluated. Each specimen was subjected to four scans: preoperative, post-operative, post-final irrigation and post-filling, with a micro-computed tomography SkyScan 1176, at a resolution of $17,42 \mu\text{m}$. After chemosurgical preparation groups received final irrigation with Passive Ultrasonic Irrigation (PUI) or with EndoVac system and were then filled with the continuous wave condensation thermoplastic technique. After the reconstruction of the images resulted from the four scans, co-registration was performed with the DataViewer software. CTAn and CTvol softwares were used for binarization of the objects of interest, volumetric analysis and reconstruction of 3D models of the root canal, hard-tissue debris and the filling material. Data were statistically analyzed with the GraphPad Prism program through t student's test ($p < 0,05$). The analysis of micro-CT showed hard-tissue debris accumulated inside the root canal, occupying an average percentage of 2.71 % for the PUI group and 4.10 % for EndoVac group. There was no difference between the groups regarding the removal of hard-tissue debris, or in relation to the volume of filling material and voids ($p > 0.05$). It was

concluded that the EndoVac and PUI were equally efficient in the removal of hard-tissue debris, reducing an average of 50% of its volume. Also, irrigants activation with the two methods did not affect the quality of root canal filling.

Keywords: Root canal irrigation. Root canal filling. Hard-tissue debris. Microcomputed tomography.

LISTA DE FIGURAS

Figura 4.1 - Microtomógrafo de raios-X SkyScan 1176.....	42
Figura 4.2 - Posicionamento dos espécimes.....	43
Figura 4.3 - Programa NRecon	44
Figura 4.4 - Irrigação ultrassônica passiva.....	46
Figura 4.5 - Sistema Endovac.....	47
Figura 4.6 - Obturação com a técnica de ondas contínuas de condensação	48
Figura 4.7 - Corregistro das imagens.....	49
Figura 4.8 - Seleção dos cortes de referência.....	50
Figura 4.9 - Seleção de uma nova região de interesse	50
Figura 4.10 - Novo volume de interesse carregado no programa CTAn.....	51
Figura 4.11 - Binarização do objeto através de um histograma de densidade	51
Figura 4.12 – Ferramenta <i>custom processing</i>	52
Figura 4.13 – Binarização dos debrís pós-preparo.....	53
Figura 4.14 – Binarização dos debrís pós-irrigação final	53
Figura 4.15 – Binarização do material obturador	54

Figura 4.16 – Análise do volume do canal pós preparo sem debris.....	55
Figura 5.1 – Médias e desvios-padrão da porcentagem de debris	58
Figura 5.2 – Médias da porcentagem de redução dos debris	58
Figura 5.3 – Acúmulo de debris grupo IUP.....	59
Figura 5.4 – Acúmulo de debris grupo EndoVac.....	59
Figura 5.5 – Médias e desvios-padrão da porcentagem de material obturador e espaços vazios.....	60
Figura 5.6 – Modelos 3D da obturação dos canais.....	61

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CFD	dinâmica dos fluidos computacional
CRT	comprimento real de trabalho
EDTA	ácido etilenodiamino tetra-acético
EDX	espectroscopia de raios X por dispersão em energia
FOUSP	Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo
H ₂ O ₂	peróxido de hidrogênio
IUC	irrigação ultrassônica contínua
IUP	irrigação ultrassônica passiva
KV	quilovolts
MAD	irrigação dinâmica manual
ml	mililitro
μA	microampere
μm	micrometro
MEV	microscopia eletrônica de varredura
Micro-CT	microtomografia computadorizada
mm	milímetro
NaOCl	hipoclorito de sódio
#	número
ROI	região de interesse
SAF	self adjusting file
VOI	volume de interesse

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	16
2 REVISÃO DA LITERATURA	18
2.1 Irrigação do canal radicular	18
2.2 Obturação do canal radicular e a Influência da irrigação na obturação	28
2.3 A microtomografia computadorizada como método de pesquisa	33
3 PROPOSIÇÃO	38
4 MATERIAL E MÉTODOS	39
4.1 Material	39
4.2 Métodos	40
4.2.1 Seleção dos dentes	40
4.2.2 Preparo dos dentes e divisão dos grupos experimentais	41
4.2.3 Exames microtomográficos	41
4.2.4 Preparo químico-cirúrgico	44
4.2.5 Irrigação final	45
4.2.6 Obturação	47
4.2.7 Metodologia de avaliação	49
5 RESULTADOS	57
5.1 Remoção de debris dentinários	57
5.2 Qualidade da obturação dos canais radiculares	60
6 DISCUSSÃO	62
7 CONCLUSÕES	74
REFERÊNCIAS	75
APÊNDICES	84
ANEXOS	92

1 INTRODUÇÃO

O tratamento endodôntico tem por objetivo eliminar microorganismos, restos pulpares e necróticos, além de modelar o sistema de canais radiculares, a fim de facilitar os procedimentos de irrigação e obturação.

Muitas vezes essa tarefa pode representar um desafio, em virtude da complexa anatomia do canal radicular, incluindo curvaturas, istmos, canais acessórios e ramificações apicais, os quais facilitam o acúmulo de debris orgânicos e inorgânicos, formando o chamado magma dentinário.

O magma dentinário é uma consequência da instrumentação do canal, e a sua permanência pode influenciar negativamente o tratamento, caso microorganismos remanescentes continuem a desenvolver-se em áreas não preenchidas pelo material obturador.

Apesar de o hipoclorito de sódio (NaOCl) ser considerado o irrigante de escolha devido à sua reconhecida propriedade antimicrobiana e capacidade de dissolução tecidual, o mesmo não possui efeito sobre a porção inorgânica do magma dentinário. Por conseguinte, ao final do preparo químico-cirúrgico é imprescindível o uso de ácidos específicos ou um agente quelante como o ácido etilendiamino tetra-acético (EDTA), para atuar nos debris inorgânicos.

A irrigação com seringa ainda é o método mais tradicional e utilizado para irrigação dos canais radiculares, apesar de suas limitações evidentes. Somado a este fato, está bem estabelecido que áreas das paredes dos canais não são tocadas mecanicamente pelos instrumentos.

Por este motivo, atenção especial tem sido dada aos métodos de ativação das substâncias químicas, principalmente durante a irrigação final, antes da obturação.

Dentre as técnicas atualmente disponíveis destacam-se a irrigação ultrassônica passiva (IUP), que tem mostrado resultados satisfatórios na remoção de debris e magma dentinários, e o sistema Endovac, cuja principal vantagem é a pressão negativa gerada pela presença de uma microcânula inserida até as proximidades do comprimento de trabalho, facilitando a circulação apical do irrigante, com o mínimo de extrusão.

Sabe-se ainda a necessidade de se obter um selamento tridimensional do canal radicular, buscando sempre técnicas que proporcionem maior adaptação da guta-percha e do cimento com as paredes do canal, diminuindo assim a existência de espaços vazios.

Diversos modelos experimentais são usados para avaliar a efetividade de técnicas de irrigação e obturação, contudo a maioria envolve seções transversais ou longitudinais das raízes, fornecendo uma visão bidimensional, portanto limitada. Outrossim, alterações na localização dos debris e deslocamento do material obturador podem invariavelmente ocorrer durante a manipulação dos espécimes.

Superando estas dificuldades, a microtomografia computadorizada (micro-CT) se apresenta como um método de pesquisa mais confiável e menos invasivo, que possibilita uma avaliação completa e detalhada do canal radicular em todos os planos e a medida de parâmetros morfológicos do interior de materiais sem destruí-los.

Com a micro-CT é possível distinguir materiais obturadores, espaços e estruturas dentais, além realizar avaliações quantitativas e qualitativas dos debris dentinários, com alta acurácia

Contudo, o impacto de diferentes técnicas de irrigação na qualidade da obturação do canal radicular foi pouco estudada com auxílio da micro-CT.

Desta forma, é oportuno investigar se quanto maior a quantidade de debris dentinários removidos do canal radicular, incluindo seus istmos e irregularidades, melhor é o preenchimento do material obturador no seu interior.

2 REVISÃO DA LITERATURA

Desde os primeiros estudos anatômicos, onde ficou clara a existência de um complexo sistema de canais radiculares, limpar e modelar adequadamente acompanha um grau de dificuldade considerável, especialmente no terço apical.

A literatura apresenta um grande número de estudos sobre as técnicas de limpeza e obturação do canal radicular, utilizando diferentes metodologias, entretanto a microtomografia computadorizada de alta resolução tem ganhado espaço notório na última década.

Constatadas as limitações dos instrumentos mecânicos e a importância das substâncias químicas, percebe-se um interesse renovado na irrigação do canal, dado o número de pesquisas recentes com esta temática.

2.1 Irrigação do canal radicular

O magma dentinário foi descrito pela primeira vez em paredes de canais radiculares instrumentados, sob microscopia eletrônica de varredura (MEV), em 1975 (McComb; Smith, 1975), quando o uso do EDTA já proporcionava paredes mais limpas.

Em 1983, Chow observou que a efetividade da irrigação é uma função da localização apical da agulha e do uso de diâmetros compatíveis com o preparo do canal.

Martin e Cunningham (1985) denominam Endosonics um sistema de instrumentação ultrassônica que utiliza insertos projetados para preparar o canal e ao mesmo tempo levar irrigante até o comprimento de trabalho. A ativação das substâncias químicas com esse sistema gera efeitos de cavitação e transmissão de energia acústica por meio de ondas ultrassônicas que geram movimentação do irrigante e a formação de bolhas que se expandem e estouram gerando energia. Esses efeitos são sinérgicos e aumentam a efetividade química do NaOCl, levando à desinfecção mais rápida do sistema de canais radiculares.

Ahmad et al. (1987) realizaram um estudo dividido em duas partes, onde a primeira mostrou a comparação dos padrões de transmissão acústica produzidos em torno de limas ultrassônicas de diferentes tamanhos. Na segunda parte, MEV foi utilizada para comparar a habilidade de limpeza de duas técnicas de instrumentação ultrassônica: uma recomendada pelo fabricante, onde cada instrumento foi usado por 1 min com NaOCl 2,5% a um fluxo de 20 ml por minuto e potência 1.0; ou a técnica modificada pelos autores, em que após terminada a instrumentação, uma lima #15 foi inserida no canal até o CRT, oscilando livremente a uma potência de 2.5 por 5 min com NaOCl 1%. Os resultados indicaram que instrumentos menores produziram melhor transmissão acústica, e a velocidade aumenta proporcionalmente com a potência do aparelho. Canais instrumentados com a técnica modificada produziram superfícies mais limpas. Foi recomendado também o uso de limas de pequeno calibre para recapturar o comprimento de trabalho e facilitar o acesso às substâncias químicas.

Estudando a eficiência do uso do ultrassom na endodontia, Cameron (1995) relata que, em canais unirradiculares, a combinação de instrumentação manual até a lima tamanho 40 com irrigação utilizando EDTAC e NaOCl 4%, suplementado de irrigação contínua das mesmas substâncias com ultrassom, deixou um mínimo de magma dentinário, limitado ao terço apical.

Mais recentemente, a irrigação ultrassônica foi estudada por Van der Sluis et al. (2005), ao compararem a eficácia de uma haste lisa ou de uma lima endodôntica do tipo K tamanho 15 na remoção de debris em sulcos artificiais de canais simulados com resina. Antes e após irrigação ultrassônica por 3 minutos com NaOCl 2%, imagens de cada sulco foram realizadas com auxílio de um microscópio e a quantidade de debris dentinários foi avaliada com um escala de escores. Em 87,5% dos canais os debris foram completamente removidos, mas sem diferença entre o grupo que usou uma haste lisa ou a uma lima K 15.

A influência do tipo, volume e fluxo de irrigante durante o uso da irrigação ultrassônica passiva foi investigada por Van der Sluis et al. (2006). Debris dentinários foram artificialmente produzidos no terço apical de canais radiculares e imagens obtidas antes e após a irrigação ultrassônica dos diferentes grupos. Os autores puderam concluir que ativação com 6 ou 12 ml de NaOCl 2% levados ao interior do canal com seringa foi tão efetivo quanto o fluxo contínuo de 50 ml do

mesmo irrigante. O grupo que utilizou água não apresentou nenhuma efetividade na remoção de debris dentinários.

No ano seguinte, o mesmo grupo (Van der Sluis et al., 2007b) publicaram uma revisão de literatura sobre a irrigação ultrassônica passiva. Eles esclarecem que IUP é um termo utilizado quando a irrigação é realizada com auxílio do ultrassom, sem instrumentação simultânea do canal, com uma lima ou haste metálica lisa de pequeno calibre, oscilando livremente para induzir transmissão de energia acústica. Desta maneira, a IUP tem sido utilizada como um suplemento para a limpeza do sistema de canais radiulares, pois em comparação com a irrigação tradicional utilizando seringa e agulha, é capaz de remover mais tecido orgânico, bactérias na forma planctônica e debris dentinários.

Nielsen e Baumgartner (2007) realizaram o primeiro estudo avaliando um outro padrão de irrigação, por pressão apical negativa. Foi apresentado o sistema EndoVac, e sua eficiência comparada com a irrigação convencional, no debridamento dos 3 mm apicais do canal radicular. Após a instrumentação e irrigação, os dentes foram preparados para avaliação histológica. A quantidade de debris remanescentes foi determinada como uma porcentagem da área total do canal radicular. Menos debris foram encontrados a 1 mm no grupo do EndoVac, enquanto que a 3 mm não houve diferença entre os grupos.

Em revisão da literatura, Gu et al. (2009), apresentaram uma visão geral dos métodos de irrigação do canal radicular existentes, destacando que os avanços tecnológicos durante a última década trouxeram novas técnicas de agitação da substância química auxiliar, tanto manuais quanto mecanizados. Os autores afirmam que ambos os métodos promovem melhor resultado na limpeza quando comparados com a irrigação convencional. Ainda, destacaram a IUP, com muitos estudos na literatura demonstrando bons resultados na remoção de debris e do magma dentinário e redução bacteriana.

Em 2010, uma outra revisão da literatura foi conduzida, desta vez a respeito da relevância do magma dentinário na endodontia. Dentre os principais achados, Violich e Chandler descrevem que a remoção do magma dentinário deve melhorar a desinfecção do canal radicular, apesar de nenhum método ser completamente efetivo em todo o comprimento do canal. O protocolo de escolha deve ser uma irrigação final com as soluções de NaOCl e EDTA alternadas. Sugerem também que

pesquisas clínicas sejam realizadas para determinar o papel do magma dentinário no sucesso do tratamento endodôntico.

Utilizando canais radiculares curvos, Rödíg et al. (2010) avaliaram a eficácia de técnicas de agitação na remoção de debris e magma dentinários: IUP, EndoActivator e CanalBrush. No grupo controle foi realizada irrigação convencional, sem agitação. As raízes foram seccionadas longitudinalmente para análise em MEV. Não foram encontradas diferenças em relação à remoção de debris entre os sistemas de ativação e o grupo controle. Em relação ao magma, os sistemas melhoraram a limpeza no terço cervical apenas, sem diferença entre os grupos.

Segundo Tay et al. (2010), o efeito “vapor lock” impede que os irrigantes alcancem efetivamente o terço apical. Eles examinaram dentes unirradiculares retos irrigados com NaOCl 1,3% e BioPure MTAD, sendo que em metade deles as raízes foram seladas com cola quente e embebidas em polivinilsiloxano para restringir o fluxo de irrigantes através do forame apical (sistema fechado). A análise da remoção do magma dentinário foi realizada com MEV, e de debris com microscopia óptica. Os autores não observaram diferença nos escores para magma dentinário, enquanto que para os debris, o grupo com sistema aberto apresentou melhores níveis de limpeza. Os piores índices referiram-se ao terço apical, independentemente do grupo testado. Os autores concluíram que a presença do efeito “vapor lock” afeta a eficácia da limpeza do terço apical.

Caron et al. (2010) examinaram o efeito de diferentes regimes de irrigação final na remoção de magma dentinário após a instrumentação de canais curvos. Todos os canais receberam irrigação final com EDTA 17% e NaOCl 3%, e os métodos de ativação foram: nenhuma ativação, ativação manual com guta-percha, sistema RinsEndo e ativação sônica – Endoactivator. Em seguida os dentes foram seccionados e preparados pra MEV. Todos os grupos com ativação tiveram melhores resultados de limpeza do que o grupo sem ativação. O grupo de ativação com guta-percha e Endoactivator mostraram resultados significativamente melhores do que os outros grupos, no terço apical.

Em um estudo *in vivo*, Siu e Baumgartner (2010) compararam a eficácia de limpeza do sistema EndoVac e da irrigação convencional com seringa e agulha. Vinte e dois dentes unirradiculares foram instrumentados e irrigados com uma das duas técnicas, e em seguida extraídos e preparados para cortes histológicos a 1 e a 3 mm do comprimento de trabalho. A média de debris remanescentes a 1 mm foi

0,05% para o grupo do EndoVac e 0,12% para a irrigação convencional. A 3 mm não houve diferença estatística entre os grupos. Como conclusão, pode-se dizer que o EndoVac resultou em menos debris a 1 mm do comprimento de trabalho, comparado com a irrigação convencional.

No mesmo ano, De Gregório et al. (2010) avaliaram o efeito de sistemas de ativação de irrigantes na penetração do NaOCl em canais laterais simulados e no comprimento de trabalho. Dentes com raízes únicas foram divididos em grupos: G1 – Endoactivator; G2 – IUP; G3 – lima tipo Flex; G4 – EndoVac; G5 – irrigação convencional. As amostras foram descalcificadas e avaliadas por observação direta. Os resultados demonstraram que o grupo do EndoVac foi superior no alcance do comprimento de trabalho, enquanto que a IUP mostrou-se mais efetiva na penetração de canais laterais.

Segundo Paragliola et al. (2010), o uso de IUP aumenta a eficiência dos procedimentos de irrigação final no terço apical de canais únicos. Eles examinaram, por microscopia de fluorescência, o efeito de diferentes formas de agitação na penetração de NaOCl 5% com corante vermelho alizarin 0,2%, nos túbulos dentinários. Os seguintes grupos foram avaliados: sem agitação, lima tipo K ou guta-percha, EndoActivator, Plastic Endo, IUP com os aparelhos Satelec ou EMS. Os espécimes foram seccionados a 1, 3 e 5 mm do ápice radicular. Os resultados foram: controle = lima tipo K = guta-percha < EndoActivator = Plastic Endo < Satelec = EMS. A 1 mm do ápice o maior escore de penetração do corante encontrado foi para o grupo IUP com EMS.

Molares inferiores com istmos estreitos foram escolhidos por Susin et al. (2010) para comparar a remoção de debris dentinários por irrigação com pressão apical negativa ou irrigação dinâmica manual (MAD). Os ápices dos dentes foram vedados para simular um sistema fechado e após irrigação final todos os espécimes foram desmineralizados e submetidos à microtomia e preparo histológico com corante tricrômico de Masson. Foram realizados 10 cortes a cada 0,2 mm, a partir de 1 mm do ápice anatômico. Nenhuma técnica removeu completamente os debris das regiões de istmo, entretanto o sistema EndoVac teve melhor desempenho.

Boutsioukis et al. (2010) estudaram o efeito do desenho da agulha no fluxo de irrigantes durante a irrigação final utilizando a tecnologia de dinâmica dos fluidos computacional (CFD). Seis diferentes tipos de agulha calibre 30, três com saída aberta e três com saída fechada foram testados e o modelo de CFD permitiu o

cálculo e visualização do fluxo do irrigante. Os resultados indicaram que o padrão de fluxo com as agulhas de saída aberta resultou em melhor renovação do irrigante, mas também maior pressão apical.

Blank-Gonçalves et al. (2011) avaliaram a remoção do magma dentinário após irrigação final com os métodos sônico, ultrassônico ou convencional. Foi feita uma análise por MEV no terço apical de canais curvos, e os resultados indicaram que os métodos que preconizam ativação de irrigantes removeram mais magma do que a irrigação convencional.

Em outro estudo, canais curvos e regiões com istmo foram selecionadas para comparar a remoção de debris conseguida pelo sistema EndoVac, PiezoFlow, e irrigação convencional com agulha. Howard et al. (2011) montaram raízes mesiais de molares inferiores em resina e imagens das secções a 2 e a 4 mm do ápice radicular foram obtidas antes e após o preparo químico-cirúrgico, e após a irrigação final. A porcentagem da área de debris foi calculada com auxílio de um software e os resultados mostraram que após a irrigação final, foi alcançada uma melhor limpeza do canal e do istmo em todos os níveis, sem diferença entre os grupos.

Saber e Hashem (2011) compararam a remoção de magma dentinário após ativação da irrigação final com EndoVac, MAD e IUP, em canais radiculares únicos. Após instrumentação rotatória e irrigação com NaOCl 2,5%, as amostras foram seccionadas longitudinalmente e examinadas em MEV. A irrigação convencional e IUP obtiveram os escores mais altos de magma dentinário, seguidas do MDA e do EndoVac, este último apresentando os melhores resultados.

A frequência e a extrusão apical de NaOCl foi objeto de estudo de Mitchell e Baumgartner (2011) ao compararem diferentes sistemas de irrigação em dentes unirradiculares instrumentados até o instrumento 35.06 ou 50.06. Os dispositivos testados foram: EndoActivator, EndoVac, Rispi-Sonic/MicroMega, IUP e seringa/agulha. Os dentes foram embebidos em um gel com corante sensível a pH, e a extrusão apical foi analisada por análise de imagens. A frequência de extrusão foi menor para o sistema EndoVac, enquanto a irrigação convencional com seringa obteve a maior extensão de extrusão. Os autores concluíram que a extrusão apical de NaOCl depende do tipo de irrigação aplicado e do diâmetro do preparo apical.

A eficácia do EndoVac na remoção do magma dentinário em comparação com a irrigação convencional foi investigada por Abarajithan et al. (2011), em diferentes níveis da dentina radicular de incisivos superiores. Análise por MEV

indicou diferença estatística no terço apical, onde o EndoVac foi mais eficiente. Nos terços médio e cervical os resultados entre os grupos foram semelhantes.

Em um estudo clínico, Vera et al. (2011) propuseram investigar se o uso de uma lima patência durante o preparo químico-cirúrgico melhora o alcance da irrigação final ativada por IUP. Um solução contraste foi utilizada junto com o NaOCl 5,25% e radiografias digitais foram avaliadas por examinadores calibrados, os quais identificaram mais canais com irrigante alcançando o terço apical após IUP, quando a patência apical foi mantida com uma lima diâmetro 10.

Paqué et al. (2011), utilizando a micro-CT, estudaram o impacto de técnicas seqüenciais de irrigação no acúmulo de debris dentinários no sistema de canais radiculares de raízes mesiais de molares inferiores. Foi utilizado NaOCl durante e após a instrumentação dos canais, seguido de EDTA 17% e irrigação final com NaOCl utilizando a IUP. Reconstruções tridimensionais mostraram o acúmulo de debris dentinários nos istmos, ramificações e canais acessórios. Os autores concluíram que após o uso do EDTA e da IUP houve uma significativa redução de debris dentinários, porém aproximadamente metade dos debris que foram acumulados durante a instrumentação ainda permaneceram no sistema de canais radiculares.

Uma revisão crítica sobre os métodos utilizados para avaliar a remoção do magma dentinário foi conduzida por De Deus et al. (2011). Os autores questionam os estudos convencionais que utilizam MEV e avaliação qualitativa baseada em escores, pois trata-se de uma metodologia não confiável e reproduzível. Sugerem que o modelo experimental ideal possibilite avaliação longitudinal, onde o objeto de estudo possa ser avaliado em diferentes períodos experimentais, agregando quando possível rotinas computacionais capazes de automatizar a extração de dados quantitativos. Concluem por fim que o modelo experimental ideal para examinar a remoção do magma dentinário ainda não está disponível.

Em 2012a, Paqué et al. realizaram um novo estudo com auxílio da micro-CT, desta vez investigando o acúmulo de debris produzidos pela instrumentação com o sistema Protaper e irrigação com NaOCl 2,5%, com ou sem um agente quelante (ácido etidrônico 9%). Canais mesiais de molares inferiores foram escaneados antes e após o tratamento, e os debris acumulados calculados como uma porcentagem do volume original do canal. Irrigação com NaOCl apenas resultou em 5,5% de debris, enquanto que com a adição do ácido etidrônico, os resultados foram 3,8% em

média. Os autores concluíram que a introdução de um agente quelante compatível com o NaOCl pode reduzir, mas não completamente, a produção de debris durante a instrumentação com sistemas rotatórios.

Ainda em 2012b, Paqué et al. utilizando a mesma metodologia, avaliaram o acúmulo de debris dentinários em canais mesiais de molares inferiores, após o uso da *self adjusting file* (SAF), sistema que possui um dispositivo de irrigação acoplado ao instrumento, comparando-a com o sistema ProTaper. Após o escaneamento final, o valor percentual do volume total do canal radicular preenchido com debris dentinários foi calculado. Instrumentação com ProTaper resultou em 10,1% de debris, enquanto que no preparo com a SAF, o resultado foi 1,7%. Após subsequente irrigação com EDTA, esses valores foram significativamente reduzidos. Os autores concluíram que o sistema SAF resultou em menor acúmulo de debris dentinários, comparado com o sistema Protaper.

Al-Ali et al. (2012) realizaram um estudo para avaliar a efetividade de protocolos de irrigação na remoção de magma dentinário e debris. Molares inferiores e superiores foram divididos de acordo com o protocolo de irrigação final: G1 – agitação manual de NaOCl 1% e EDTA 15%; G2 – CanalBrush com NaOCl 1% e EDTA 15%; G3 - H₂O₂ 3% alternada com NaOCl 1% e G4 – IUP com NaOCl 1% e EDTA 15%. Onze dentes por grupo foram preparados para cortes histológicos e o restante seccionados longitudinalmente para avaliação em MEV. Os resultados indicaram que a agitação com Canal Brush foi igualmente efetiva à IUP, removendo mais magma e debris do que a agitação manual.

Jiang et al. (2012) avaliaram a remoção de debris dentinários localizados em sulcos artificiais no terço apical de canais radiculares retos, pelas seguintes técnicas de irrigação final: irrigação convencional com seringa, ativação dinâmica manual com cones de guta-percha com ou sem conicidade ampla, sistema Safety Irrigator, irrigação ultrassônica contínua (IUC) e pressão apical negativa. Após a aplicação de cada técnica, os sulcos eram fotografados e a quantidade residual de debris recebia escores. A irrigação ultrassônica contínua foi a técnica mais efetiva, seguida da ativação dinâmica manual com cones de guta-percha com conicidade. Todos os grupos foram significativamente melhores do que a irrigação convencional com seringa.

Bü rklein et al. (2012) compararam os instrumentos recíprocos Reciproc e Wave-One com os sistemas rotatórios Mtwo e ProTaper quanto à habilidade de

modelagem e limpeza de canais curvos em dentes extraídos. Os grupos receberam irrigação final com agitação por IUP ou Endoactivator. A avaliação deu-se através de escores a partir de imagens obtidas com MEV a 2 e a 4 mm do ápice. Todos os instrumentos mantiveram a curvatura original do canal e os sistemas Mtwo e Reciproc apresentaram melhores resultados quanto à remoção de debris no terço apical.

A eficácia e a segurança das técnicas IUP, EndoVac e sistema ProUltra, usado tanto no modo injeção como modo aspiração, foram testadas por Malentacca et al. (2012). Eles utilizaram um modelo em resina com canais artificiais preenchidos com tecido pulpar bovino corado com fucsina. Uma câmara de 2 mm comunicada com o ápice também foi construída para medir a extrusão de NaOCl. O sistema mais eficiente foi o ProUltra nos dois modos de uso, e o EndoVac foi o menos eficiente. Os autores puderam concluir que o método que melhor concilia eficácia e eficiência foi o ProUltra no modo aspiração.

Um estudo *in vivo* foi conduzido por Munoz e Camacho-Cuadra (2012), comparando a eficácia da irrigação convencional, da IUP e do EndoVac, na penetração de irrigantes até o comprimento de trabalho, em molares inferiores. Todos os canais foram preparados até um instrumento 35/0.04 e irrigados com NaOCl 5,25%. Antes da obturação, os canais foram irrigados com 1 ml de uma solução radiopaca utilizando o método de irrigação correspondente a cada grupo. Radiografias digitais foram realizadas e a distância entre o comprimento de trabalho e a penetração máxima de irrigantes foi mensurada. IUP e EndoVac apresentaram as menores distâncias, indicando serem mais efetivos do que a irrigação convencional.

Utilizando a micro-CT, Robinson et al. (2013) compararam a distribuição tridimensional e a quantidade de debris inorgânicos remanescentes em canais mesiais de molares inferiores, após a instrumentação com instrumento único reciprocante ou uma sequência de instrumentos rotatórios. Os resultados indicaram que após o preparo com instrumento único, uma média de 19,5% de debris permaneceram nos canais, o que foi estatisticamente superior aos instrumentos rotatórios, os quais produziram 10,6% de debris. Istmos, protusões e irregularidades nas paredes dos canais foram visualizadas com freqüência em áreas de acúmulo de debris.

O único estudo que avaliou o uso de IUP e do sistema EndoVac em conjunto foi proposto por Spoorthy et al. (2013), utilizando raízes únicas com canais laterais simulados. Um corante indiano foi misturado ao NaOCl 5,25% tornando possível a análise por observação direta da penetração dos irrigantes no comprimento de trabalho e nos canais laterais. A partir dos resultados eles concluíram que o uso em conjunto da IUP com EndoVac foi o único grupo capaz de conseguir penetração do irrigante tanto no comprimento de trabalho quanto nos canais laterais.

Mancini et al. (2013) estudaram a eficácia das técnicas de irrigação sônica, IUP e pressão apical negativa na remoção de magma dentinário a 1, 3, 5, e 8 mm do ápice radicular. Dentes unirradiculares tiveram suas raízes seccionadas longitudinalmente e avaliadas por MEV. O sistema sônico foi mais efetivo que a IUP, enquanto que o EndoVac foi superior do que os outros grupos, em todos os níveis estudados.

Um dos poucos estudos investigando os efeitos da IUP no sucesso do tratamento foi conduzido por Liang et al. (2013). Eles utilizaram radiografias periapicais e tomografia computadorizada para avaliar dentes unirradiculares com perda óssea periapical evidente, após 10 a 19 meses do tratamento endodôntico. Dos 84 dentes analisados, 19% tiveram ausência total de radioluscência e 72,6%, apenas uma redução, porém sem diferença entre os grupos. Os autores concluíram que o tratamento de canal, com ou sem irrigação ultrassônica adicional contribuem igualmente à reparação óssea periapical.

2.2 Obturação do canal radicular e a Influência da irrigação na obturação

A questão sobre a necessidade ou não da remoção do magma dentinário parece estar superada. Apesar da deficiência de ensaios clínicos, estudos *in vitro* apontam para a remoção do magma dentinário antes de obturar o canal radicular.

Alguns fatores influenciam a porcentagem de material obturador e a profundidade de penetração de cimento nos túbulos dentinários, tais como a efetividade na remoção do magma dentinário, a técnica de obturação utilizada, as propriedades físicas e químicas do cimento e a anatomia do sistema de canais radiculares.

Goldberg et al. (1986) utilizando radiografias de canais únicos obturados com a técnica de condensação lateral, encontraram um maior número de canais laterais obturados no grupo tratado com EDTA 15%, do que o grupo irrigado apenas com água destilada ou NaOCl.

Gençoğlu et al. (1993) mostraram que técnicas de guta-percha termoplastificada conseguem maior adaptação às paredes dentinárias pois melhor replicaram as irregularidades dos canais radiculares, em comparação com a técnica de condensação lateral. Na ausência de magma dentinário, os resultados foram melhores para as duas técnicas de obturação.

Também, a presença de magma dentinário nas paredes do canal obstruíram a penetração de cimento para dentro dos túbulos dentinários no estudo de Kouvas et al. (1998), ao examinarem em MEV dentes unirradiculares submetidos ou não à irrigação com NaOCl e EDTA.

Em 2001, Wu e Wesselink chamaram a atenção para a problemática da obturação em áreas do canal radicular não preparadas pelo instrumento. Canais ovais foram obturados pela técnica de condensação lateral e dois cortes horizontais realizados na porção apical. Imagens das secções transversais mostraram reentrâncias do canal radicular não instrumentadas e conseqüentemente não completamente obturadas.

Kokkas et al. (2004) afirmam que o magma dentinário impede a penetração de cimento endodôntico nos túbulos dentinários. Eles examinaram 64 raízes únicas por MEV e constataram que quando realizada a remoção do magma dentinário após

o preparo químico-cirúrgico, todos os cimentos utilizados penetraram nos túbulos dentinários em diferentes profundidades.

A influência da irrigação ultrassônica passiva na qualidade da obturação dos canais radiculares foi estudada por Van der Sluis et al. (2007a). Um grupo recebeu a técnica de IUP com aplicação de 2 ml de NaOCl 2% por 1 minuto, repetindo-se por mais três vezes em cada dente. O outro grupo recebeu irrigação manual de 6 ml de NaOCl 2% a cada 1 minuto. Em seguida os dentes foram obturados com cones de guta-percha e cimento AH26, utilizando a técnica de condensação vertical aquecida. Para avaliação da infiltração foi realizado o teste de infiltração de glicose. Os resultados mostraram diferença significativa na capacidade seladora entre os grupos após um mês, sendo que a menor infiltração foi encontrada no grupo da IUP.

Saleh et al. (2008) estudaram os efeitos do magma dentinário na presença de bactérias em canais obturados com diferentes materiais. Canais com ou sem magma foram obturados com guta-percha e cimento AH plus, guta-percha e cimento Apexit ou sistema RealSeal. Após infiltração bacteriana, os espécimes foram seccionados longitudinalmente e avaliados em MEV. Os autores concluíram que a remoção de magma dentinário não impediu penetração bacteriana ao longo das obturações.

A limitação de técnicas termoplásticas na obturação de canais ovais foi descrita por De Deus et al. (2008). Após obturação, uma secção transversal foi realizada a 5 mm do ápice radicular e analisadas em microscopia ótica. A porcentagem de guta-percha variou entre 37,1% a 98,5%. As técnicas termoplásticas com Thermafill, onda contínua de condensação e compactação termomecânica produziram maior porcentagem de guta percha do que a técnica de condensação lateral, entretanto todas apresentaram alguma limitação no preenchimento dos canais.

Em 2009, Hammad et al. utilizaram a micro-CT para avaliar a porcentagem em volume de espaços vazios e falhas na obturação de canais radiculares retos instrumentados com instrumentos rotatórios e obturados com a técnica de condensação lateral e diferentes materiais. Os dentes foram escaneados antes e após a obturação e os resultados mostraram que todos os materiais apresentaram áreas de falhas, sendo que no grupo que utilizou cimento Tubliseal e guta-percha foram encontrados menos espaços vazios.

No mesmo ano, Mirfendereski et al. (2009) utilizaram a micro-CT para comparar duas técnicas termoplásticas de obturação realizadas por estudantes de endodontia sem experiência em nenhuma delas. Então dentes unirradiculares foram obturados com ProTaper Obturators, que utiliza um carreador, ou com o aparelho System-B/Calamus. O sistema ProTaper Obturators PTO obteve menor volume de espaços nos 6 mm apicais, além de ser considerada mais rápida e fácil de ser executada do que a onda contínua de condensação.

Barbosa et al. (2009) compararam a frequência, localização e direção dos canais acessórios de molares inferiores obturados pela técnica de condensação vertical hidráulica ou onda contínua de condensação. Para tanto, os espécimes precisaram ser descalcificados e desidratados, e por transparência, analisados por três avaliadores. Os autores não encontraram diferença entre os grupos, entretanto puderam visualizar mais espaços no grupo da condensação vertical hidráulica, apesar dessa frequência não ter sido quantificada devido ao método de avaliação utilizado.

Metzger et al. (2010) avaliaram a qualidade do preparo e da obturação em canais variados, preparados com instrumentos rotatórios ou com a SAF, utilizando a micro-CT. As áreas das paredes dos canais não afetadas pelos instrumentos foram analisadas antes e após o preparo. Após obturação com a técnica de condensação lateral, as áreas dos canais não tocadas pelo material obturador também foram determinadas. Uma média de 60% das paredes não foram tocadas pelos instrumentos, enquanto 45% não foram atingidas pelo material obturador, com a técnica rotatória. A SAF conseguiu melhores resultados, com uma média de 17% para os dois parâmetros.

No ano seguinte, Marciano et al. (2011) realizaram um estudo com o objetivo de comparar a porcentagem de guta-percha, cimento e espaços vazios em raízes mesiais de molares inferiores, e a influência da presença de istmos na obturação. Os canais receberam irrigação final com NaOCl 2,5% e EDTA 17% ativados por IUP, e o cimento obturador foi marcado com o corante rodamina-B. Os dentes foram seccionados a 2, 4 e 6 mm do ápice e imagens foram obtidas através de epifluorescência e microscopia confocal a laser. A análise de todas as secções revelou mais guta-percha e menos cimento nos canais obturados com as Thermafil e System B. Os autores concluíram que a porcentagem de guta-percha, cimento e

espaços vazios são dependentes da técnica de obturação, e a presença de istmos pode influenciar a qualidade da obturação.

Somma et al. (2011) estudaram a qualidade da obturação de canais obturados com as técnicas termoplásticas Thermafil e System B, e com a técnica de cone único, em dentes unirradiculares. Utilizando a micro-CT, a porcentagem de material obturador e de espaços vazios foi calculada. Os autores não encontraram diferença estatisticamente significativa entre os grupos e concluíram que todas as técnicas produziram resultados comparáveis em termos de porcentagem de preenchimento do material obturador e de espaços vazios.

Kanter et al. (2011) compararam o EndoActivator e a IUP na irrigação final de caninos preparados até o instrumento tamanho #40/0.06, quanto à limpeza do canal e à obturação de canais laterais e acessórios. Os dentes foram descalcificados e a presença de canais laterais obturados foi analisada com auxílio de um microscópio. Em seguida, os mesmos foram seccionados a 3 mm e 5 mm do ápice, e avaliados quanto à remoção de debris e túbulos dentinários abertos, por MEV. O EndoActivator foi melhor na remoção de debris em todos os níveis, comparado com os outros grupos, e resultou ainda na obturação de um maior número de canais laterais e acessórios.

Kara e Tuncer (2012) avaliaram a influência de diferentes substâncias usadas para irrigação final, na penetração de cimento dentro de túbulos dentinários. Os grupos foram: EDTA 17%+ NaOCl 2,5%, ácido maleico 7% + NaOCl 2,5%, ácido cítrico 10% + NaOCl 2,5%, e NaOCl 2,5% como controle. Os dentes foram obturados com a técnica de condensação lateral utilizando guta-percha e cimento associado a um corante fluorescente, e depois seccionados 2, 5, e 8 mm do ápice radicular para análise no microscópio confocal. Todos os grupos tiveram melhor porcentagem e profundidade de cimento dentro dos túbulos dentinários, comparados com o grupo controle.

De Deus et al. (2012) investigaram obturações com Thermafill em canais ovais preparados com ProTaper ou SAF. Incisivos inferiores foram seccionados a 6, 5, 4, e 3 mm do ápice radicular e submetidos à análise morfométrica para estabelecer a porcentagem de guta percha em cada secção. A média no grupo ProTaper foi 77,5%, enquanto o grupo SAF obteve 90,5% de guta-percha. Os autores atribuíram ao melhor resultado da SAF a possibilidade de uma irrigação

contínua durante o preparo, comparado com a irrigação convencional com seringa e agulha realizada em conjunto com os instrumentos ProTaper.

Diferentes técnicas de obturação em canais curvos foram comparadas por Schäfer et al. (2012) quanto à porcentagem da área preenchida por guta-percha e de espaços vazios: cone 0.04/35 único; condensação lateral com cone principal 0.04/35; guta-percha master cone; onda contínua de condensação; condensação lateral com cone principal standardizado. Os dentes foram seccionados a 2, 3, 4, 6 e 8 mm do ápice, e as secções fotografadas com auxílio de um estereomicroscópio com aumento de 20x. As obturações com cone único resultaram em áreas preenchidas com guta-percha significativamente menores do que ou outros grupos.

Em 2013, uma série de estudos sobre obturação foram realizados tendo como método de avaliação a micro-CT.

Moeller et al. (2013) avaliaram a obturação por meio da micro-CT, tendo como parâmetro a presença de espaços vazios em canais ovais e achatados em molares inferiores, pré-molares e caninos. Foram comparadas as técnicas de condensação lateral ou uma técnica híbrida, combinando um cone principal de guta-percha com Thermafill. Os autores não encontraram diferença estatística na porcentagem de espaços entre as duas técnicas estudadas.

Naseri et al. (2013) compararam condensação lateral, compactação vertical aquecida, Obtura II e Guta Flow em molares superiores, mensurando a porcentagem do volume de espaços, guta-percha e cimento. A maior porcentagem de material obturador foi encontrada no grupo Guta Flow, seguido do Obtura II, enquanto que a técnica de condensação lateral apresentou os menores valores. Nenhuma técnica de obturação ficou livre de espaços vazios em meio ao material obturador.

Gandolfi et al. (2013) investigaram a porcentagem de espaços e falhas marginais em obturações realizadas com Thermafil e cimento AH Plus ou MTA Flow. Pré-molares unirradiculares foram escaneados com um micro-CT e as imagens 3D do material obturador analisadas nos terços cervical, médio e apical. Foram detectadas falhas nos dois grupos, sendo em menor quantidade no terço apical. Os autores concluíram que a micro-CT é uma ferramenta eficaz para a visualização de porosidades internas na microestrutura do canal e de materiais endodônticos.

O efeito de diferentes sistemas de irrigação na penetração de cimento dentro de túbulos dentinários também foi estudado por Bolles et al. (2013). Dentes unirradiculares foram divididos em grupos: solução salina (controle), irrigação

convencional com EDTA 17% seguido de NaOCl 6%, ativadas ou não pelo EndoActivator ou Vibringe. Os canais foram obturados com guta-percha e cimento, acrescidos de um corante fluorescente, e secções transversais a 1 e 5 mm foram examinadas com microscópio confocal a laser. Os resultados mostraram que o uso de ativação sônica não aumentou a penetração de cimento nas paredes do canal, comparados à irrigação convencional.

Wolf et al. (2014) analisaram a formação de espaços e falhas em canais únicos obturados com a técnica da onda contínua de condensação e diferentes cimentos endodônticos. Análises com micro-CT indicaram que o cimento RoekoSeal promoveu a menor porcentagem de espaços e falhas quando comparado ao Sealapex ou 2seal.

Keleş et al. (2014) realizaram mais um estudo comparando a porcentagem de volume de material obturador e espaços conseguidos pelas técnicas de condensação lateral e compactação vertical aquecida, em canais ovais, utilizando a micro-CT. Nenhuma técnica apresentou obturação livre de espaços, sendo que a compactação vertical aquecida produziu maior volume de guta-percha e menor porcentagem de espaços do que a condensação lateral. No entanto, no terço apical essa diferença não foi significativa.

Por último, Guimarães et al. (2014) demonstraram os efeitos da ativação ultrassônica do cimento na qualidade da obturação pela técnica de condensação lateral, em canais retos. Todos os cimentos foram marcados com o corante rodamina B para posterior análise no microscópio confocal. Concluíram os autores que o uso de ativação ultrassônica do cimento a base de resina epóxica promoveu maior penetração dos túbulos e menor presença de espaços.

2.3 A microtomografia computadorizada como método de pesquisa

Somente um sistema de tomografia de raios-x nos permite visualizar e medir estruturas completas de objetos tridimensionais sem um preparo prévio da amostra. A resolução espacial de tomógrafos médicos ou odontológicos varia entre 0,5 e 1,5 mm, possibilitando a visualização de estruturas não identificadas pela radiografia convencional (Tachibana; Matsumoto, 1990).

Nos anos seguintes, o a micro-CT trouxe uma melhoria considerável na resolução e no tempo consumido durante os exames, viabilizando um maior número de pesquisas.

Nielsen et al. (1995) classificaram a micro-CT como sendo uma metodologia avançada para a pesquisa endodôntica ao estudarem primeiros molares superiores escaneados antes e após a instrumentação e obturação. Os autores destacaram a habilidade deste método em apresentar as morfologias interna e externa dos dentes sem a necessidade de destruição das amostras, e as mudanças de área e volume após a instrumentação e a obturação dos canais.

Dowker et al. (1997) mostraram a aplicação da micro-CT para o estudo da morfologia do canal e das mudanças decorrente do tratamento endodôntico. Utilizando softwares específicos, obtiveram seções transversais e modelos visuais dos canais. Os autores recomendam cuidado na interpretação das imagens, particularmente no que diz respeito à quantificação.

Utilizando um microtomógrafo com resolução de 34 μm , Peters et al. (2000) estudaram com detalhes um método para análise de imagens obtidas por micro-CT. As áreas de superfície e os volumes de molares superiores foram calculadas e modelos reconstruídos para avaliação da configuração interna. Os autores concluíram que a geometria do canal radicular pode ser avaliada com acurácia, utilizando a micro-CT.

Um dos primeiros a comparar técnicas de instrumentação com a micro-CT foram Peters et al. (2001). Eles avaliaram molares superiores reconstruídos tridimensionalmente quanto às diferenças no volume de dentina removida, a proporção entre as áreas instrumentadas e as áreas não tocadas pelo instrumento e o transporte do canal. Os autores concluem que independente da técnica de preparo, áreas consideráveis das paredes dos canais não são tocadas pelos instrumentos. Eles sugerem que estudos comparando os efeitos de instrumentos devem também considerar detalhes da anatomia pré-operatória do canal.

O potencial e a acurácia da micro-CT para geração de imagens de canais obturados foram testados por Jung et al. (2005). Cinco dentes obturados com a técnica de condensação lateral foram examinados com um microtomógrafo a uma resolução de 11 μm . Em seguida, foram realizados cortes histológicos e fotografias digitais das raízes, os quais foram correlacionados qualitativamente por sobreposição com as imagens microtomográficas. Os resultados mostraram um boa

correlação entre as imagens, e o material obturador foi claramente diferenciado das paredes do canal radicular.

Mannocci et al. (2005) investigaram a prevalência de istmos no 5 mm apicais de molares inferiores, utilizando a micro-CT. Vinte molares foram escaneados a uma resolução de 12,5 μm . O número de secções que apresentaram istmos foi registrada. Os resultados indicaram que istmos estavam presentes em uma porcentagem entre 17,25% and 50,25%, mais frequente a 3 mm do ápice. Foram detectadas também regiões de calcificações no interior dos istmos e ocasionalmente canais laterais oriundos da porção central dos istmos. Os autores concluíram que procedimentos endodônticos podem ser afetados pela anatomia do canal radicular, especialmente áreas de istmos.

Gao et al. (2009) propuseram a customização de um método de análise utilizando um software gratuito específico para processamento e visualização de imagens tridimensionais. Para isso, um molar superior foi escaneado, antes e após o preparo com ProTaper. Com o software MeVisLab foi possível reconstruir a anatomia interna e externa do dente, além de quantificar os efeitos do preparo. Os autores relatam que esta aplicação proporcionou um modo econômico e confiável para utilização na pesquisa endodôntica com micro-CT.

Um método para estudo tridimensional do acúmulo de debris dentinários foi proposto por Paqué et al. (2009). A partir da micro-CT, foi calculado o volume médio de restos aparentes de tecido duro após a instrumentação sem qualquer irrigação, de molares inferiores com áreas de istmo entre os canais mesiais. A análise indicou que aproximadamente 29,2% do volume original do canal foi preenchido por debris. Uma análise por espectroscopia de raios X por dispersão em energia (EDX) revelou que os detritos acumulados revelados nas imagens continham a mesma quantidade de cálcio e fósforo do que a dentina radicular. Os autores concluíram que este método parece apropriado para comparar quantitativamente diferentes regimes de instrumentação e irrigação quanto ao acúmulo de restos de debris dentinários.

Fan et al. (2010) investigaram a anatomia de istmos nos 5 mm apicais de canais mesiais de molares, com auxílio da micro-CT. A incidência de istmos encontrada foi 85%. Os autores concluíram que a anatomia apical dos istmos dos molares inferiores diferem dos molares superiores. Clinicamente, a anatomia dos istmos pode exigir a aplicação de técnicas especiais para alcançar completa limpeza, desinfecção e obturação do canal radicular.

Um outro estudo anatômico com micro-CT foi conduzido por Villas-Bôas et al. (2011) para determinar os diâmetros mésio-distal e vestibulo-lingual, volume apical e a presença de istmos no terço apical de raízes mesiais de molares inferiores. Devido à grande variabilidade dos resultados, os autores concluíram que canais mesiais de molares inferiores não possuem um padrão constante, sendo que a presença de istmos no terço apical foi frequente, inclusive no último 1 mm.

Objetivando mensurar a quantidade de debris e de material obturador após os procedimentos de instrumentação/irrigação e obturação, Endal et al. (2011) realizaram uma análise tridimensional da área de istmo de raízes mésio-vestibulares em molares inferiores. Os resultados mostraram uma quantidade considerável de debris dentinários acumulados durante a instrumentação rotatória, apesar da irrigação contínua, impedindo que istmos e anastomoses fossem completamente limpos e obturados.

Zaslansky et al. (2011) avaliaram imagens de canais obturados obtidas por microtomografia com radiação por contraste de fase, comparando-as com a Micro-CT convencional, microscopia óptica ou eletrônica. Eles analisaram as áreas de secções transversais e as diferenças no contraste da guta-percha, cimento, dentina e espaços vazios foram identificadas e correlacionadas. A Micro-CT com radiação por contraste de fase revelou com detalhes as interfaces internas e permitiu mensurar o volume dos espaços com precisão. Os autores recomendam cautela quando da quantificação de obturações utilizando os outros métodos, pois áreas de secções transversais foram superestimadas com uso da microscopia óptica, e pouco estimadas com a micro-CT convencional e microscopia eletrônica.

Imagens de micro-CT também foram recomendadas para identificar partículas de hidróxido de cálcio remanescentes, após medicação intracanal. Wiseman et al. (2011) avaliaram a eficácia da irrigação sônica e ultrassônica na remoção do hidróxido de cálcio em molares inferiores, mostrando que o grupo que utilizou instrumentos rotatórios + IUP removeu significativamente mais hidróxido de cálcio, do que o grupo que utilizou os mesmos instrumentos, somados à irrigação sônica.

Robinson et al. (2012) descreveram um método 3D para identificação de debris após instrumentação de canais mesiais de molares inferiores. Doze molares foram divididos em três grupos: sem irrigação, irrigação com NaOCl 6% e irrigação com EDTA 17%. Imagens antes e após a instrumentação foram sobrepostas e os

debris identificados e quantificados. Os resultados não mostraram diferenças entre os três grupos. Os autores concluíram que a remoção de debris foi prejudicada pela anatomia complexa dos canais, criando áreas não acessíveis aos irrigantes, o que impediu conclusões definitivas sobre as soluções estudadas.

Freire et al. (2012) compararam a micro-CT com o método de cortes transversais na avaliação do transporte apical em canais curvos. O grupo avaliado por micro-CT obteve menor transporte do canal comparado com o grupo onde as raízes foram seccionadas. Os autores atribuíram aos resultados, a perda de material associada ao seccionamento dos espécimes, criando degraus que podem prejudicar o resultado final, e recomendam a micro-CT como método, por sua habilidade de preservação dos espécimes possibilitando resultados mais próximos à realidade clínica.

Visando correlacionar a desinfecção e a modelagem conseguida por três protocolos de instrumentação, Siqueira Jr et al. (2013) realizaram análises bacteriológica e microtomográfica em molares inferiores. Os canais foram contaminados com *Enterococcus faecalis* por 30 dias e divididos nos grupos de preparo: SAF, Reciproc e Twisted File. Quantificação bacteriana foi realizada pela técnica de cultura, e em seguida, os canais foram submetidos a exames com micro-CT. Os resultados indicaram não haver relação estatisticamente significativa entre redução bacteriana e os parâmetros de modelagem analisados. Os três sistemas de instrumentação tiveram desempenho semelhante nesses dois quesitos.

Por fim, De Deus et al. (2014) apresentaram um método para identificar e mensurar os debris acumulados tanto nas áreas de istmo como na parede do canal, em três molares inferiores. Canais preparados sem qualquer irrigação resultou em 34,6% do seu volume preenchido por debris, enquanto que o uso de água destilada ou NaOCl seguido de EDTA mostrou uma redução de 16% e 11,3%, respectivamente. Os autores concluem ainda que quanto menor a distância do canal à região de istmo, maior o acúmulo de debris, independente do protocolo de irrigação utilizado.

3 PROPOSIÇÃO

O presente estudo utilizou a microtomografia computadorizada para:

- Avaliar e quantificar a presença de debris dentinários em canais mesiais de molares inferiores, após o preparo químico-cirúrgico;
- Comparar a remoção desses debris, após irrigação final com Irrigação Ultrassônica Passiva e com o sistema EndoVac;
- Avaliar a qualidade da obturação dos mesmos dentes, pela técnica da onda contínua de condensação, mensurando o volume de material obturador e de espaços vazios.

A hipótese de nulidade testada é que os métodos de ativação da irrigação final não interferem na remoção de debris dentinários após o preparo químico-cirúrgico de canais mesiais de molares inferiores, bem como na qualidade da obturação com a técnica da onda contínua de condensação.

4 MATERIAL E MÉTODOS

O material e os métodos utilizados na pesquisa estão detalhadamente descritos abaixo.

4.1 Material

24 molares inferiores humanos - Banco de dentes permanentes da Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo (FOUSP);
Instrumentos Reciproc R25 (VDW GmbH, Munich/Alemanha);
Agulhas para irrigação Navitips #30 (Ultradent, São Paulo/SP);
Álcool 70% (Rioquímica, São José do Rio Preto/SP);
Algodão (SSplus, São Paulo/SP);
Aparelho de Raios-X (Seletronic - Dabi Atlante, Ribeirão Preto/SP);
Aparelho de ultrassom Jet Sonic Total (Gnatus, Ribeirão Preto/SP);
Broca Endo-Z (Maillefer, Ballaigues/Swiss);
Broca diamantada 1015 (KG Sorensen, São Paulo/SP);
Caneta de alta rotação (Kavo do Brasil, Joinville/SC);
Cânulas de aspiração (Ibras - Campinas/SP);
Capillary Tip (Ultradent – São Paulo/SP);
Consensadores verticais manuais (Odous de Deus – Belo Horizonte/MG);
Coltosol (Vigodent, Rio de Janeiro/RJ);
EDTA (Fórmula & Ação, São Paulo/SP);
Equipamento Dual Heat System (Driller - São Paulo/SP);
Espelho clínico (Golgran, São Paulo/SP);
Explorador de ponta reta (Golgran, São Paulo/SP);
Gel de Endo-PTC (Formula e Ação, São Paulo/SP);
Hipoclorito de sódio a 1,0 % (Formula e Ação, São Paulo/SP);
Limas tipo K #10 e #15 (Maillefer, Ballaigues, Swiss);
Microscópio operatório (Alliance, São Paulo/SP);
Micrótomo de tecido duro (Extec Labcut 1010, Tokyo/Japan);

Microtomógrafo de Raios X 1176 (SkyScan, Kontich/Bélgica);
Motor elétrico VDW.SILVER® (VDW GmbH, Munich/Alemanha);
Pontas de papel absorvente Reciproc R25 (VDW GmbH, Munich/Alemanha);
Ponta ultrassônica lisa TRA31-T (Dental Trinks, São Paulo/SP);
Programa CTan (SkyScan, Kontich/Bélgica);
Programa CTvol (SkyScan, Kontich/Bélgica);
Programa DataViewer (SkyScan, Kontich/Bélgica);
Programa Graphpad (GraphPad software Inc., La Jolla/USA);
Programa ImageJ (National Institutes of Health, Maryland/USA);
Programa NRecon (SkyScan, Kontich/Bélgica);
Régua endodôntica milimetrada (Golgran, São Paulo/SP);
Seringa plástica 5 ml (Ultradent, São Paulo/SP);
Silicona de condensação (Vigodent, Rio de Janeiro/RJ);
Soro fisiológico (Aster, Sorocaba/SP).

4.2 Métodos

O presente projeto foi submetido ao Comitê de Ética em Pesquisa da FOU SP e aprovado sob o número 15598 (Anexo A).

4.2.1 Seleção dos dentes

Foram selecionados vinte e quatro primeiros e segundos molares inferiores humanos, cedidos pelo Banco de Dentes Permanentes Humanos da FOU SP.

Os dentes preencheram os critérios de inclusão e exclusão, os quais foram verificados através de tomadas radiográficas nos sentidos vestibulo-lingual e mésio-distal.

Os dentes selecionados deveriam apresentar câmara pulpar intacta, raízes mesiais com rizogênese completa, e ângulo de curvatura entre 25° e 35°, mensurados com o programa Image J, de acordo com o método de Schneider

(1971). Foram excluídos os dentes com calcificações pulpares, reabsorções, tratamento endodôntico anterior e fraturas radiculares.

Ainda, aqueles canais cuja patência não fosse conseguida após a cirurgia de acesso, também foram excluídos do estudo.

4.2.2 Preparo dos dentes e divisão dos grupos experimentais

Os dentes foram limpos com ultrassom e mantidos hidratados em soro fisiológico até o início do experimento.

O tamanho dos dentes foi padronizado em 17 mm, através do nivelamento de suas superfícies oclusais, utilizando um disco de diamante acoplado a um micrótomo de tecido duro.

Foi realizada a cirurgia de acesso convencional com brocas esféricas 1015 e Endo-Z em alta rotação.

Os canais mesiais foram explorados com um instrumento do tipo K #10 e o comprimento de trabalho determinado quando a extremidade deste instrumento fosse vista através do forame apical, com auxílio de um microscópio operatório em um aumento de oito vezes, recuando-se um milímetro. Neste momento, os canais em que o instrumento K #15 estivesse folgado em seu interior também foram excluídos da amostra.

Os 24 espécimes foram divididos aleatoriamente em 2 grupos de 12 dentes, de acordo com o método de irrigação final a ser avaliado: G1 - Irrigação Ultrassônica Passiva e G2 - Sistema EndoVac®.

4.2.3 Exames microtomográficos

Para esta etapa foi utilizado um Microtomógrafo de raios-X SkyScan 1176 (Figura 4.1), localizado no laboratório de Microtomografia do Instituto de Biologia da USP – São Paulo.

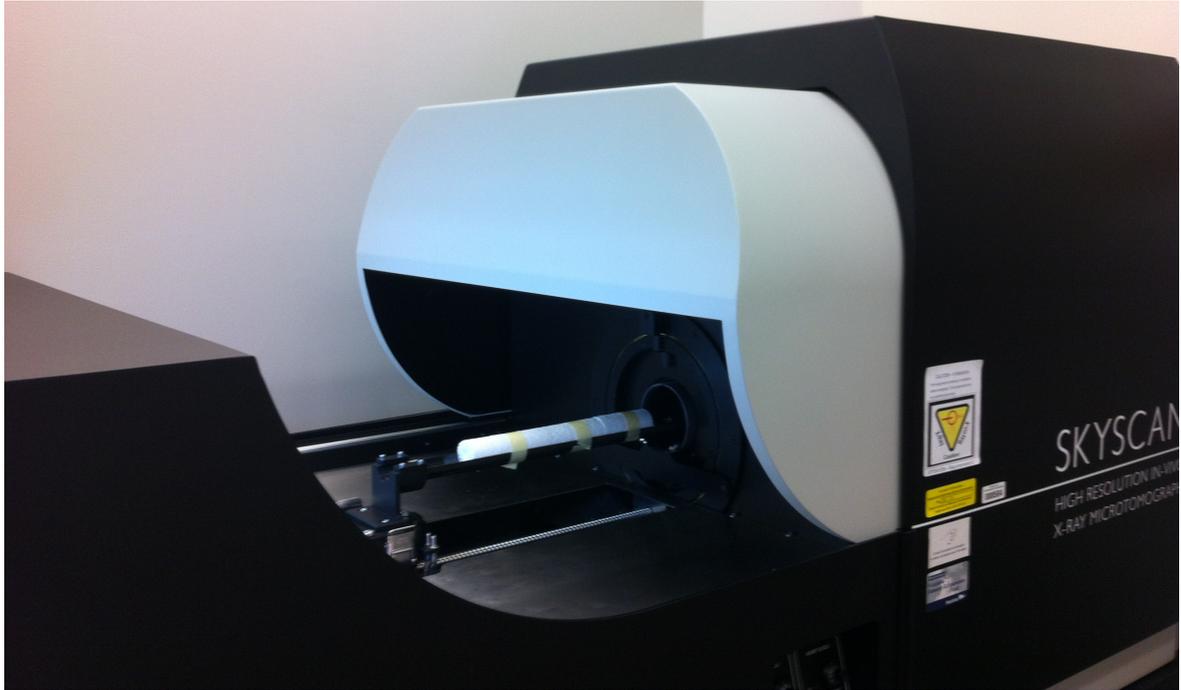


Figura 4.1 - Microtomógrafo de raios-X SkyScan 1176

Cada espécime foi submetido a quatro escaneamentos: exame pré-operatório, exame pós-preparo, exame pós-irrigação final e exame pós-obturação. Os dentes foram incluídos em material de moldagem de alta precisão a base de vinil polisiloxano com as cavidades de acesso voltadas para baixo, com o intuito de obter um reposicionamento preciso do dente, durante a aquisição das imagens pré e p s operatórias. Em seguida, grupos de 7 dentes foram posicionados em um suporte para amostra (isopor tubular para modelo Skyscan 1176) e levados à cama de fibra de carbono do microtomógrafo, o mais próximo possível do eixo central de rotação, evitando também qualquer movimento durante o escaneamento (Figura 4.2).

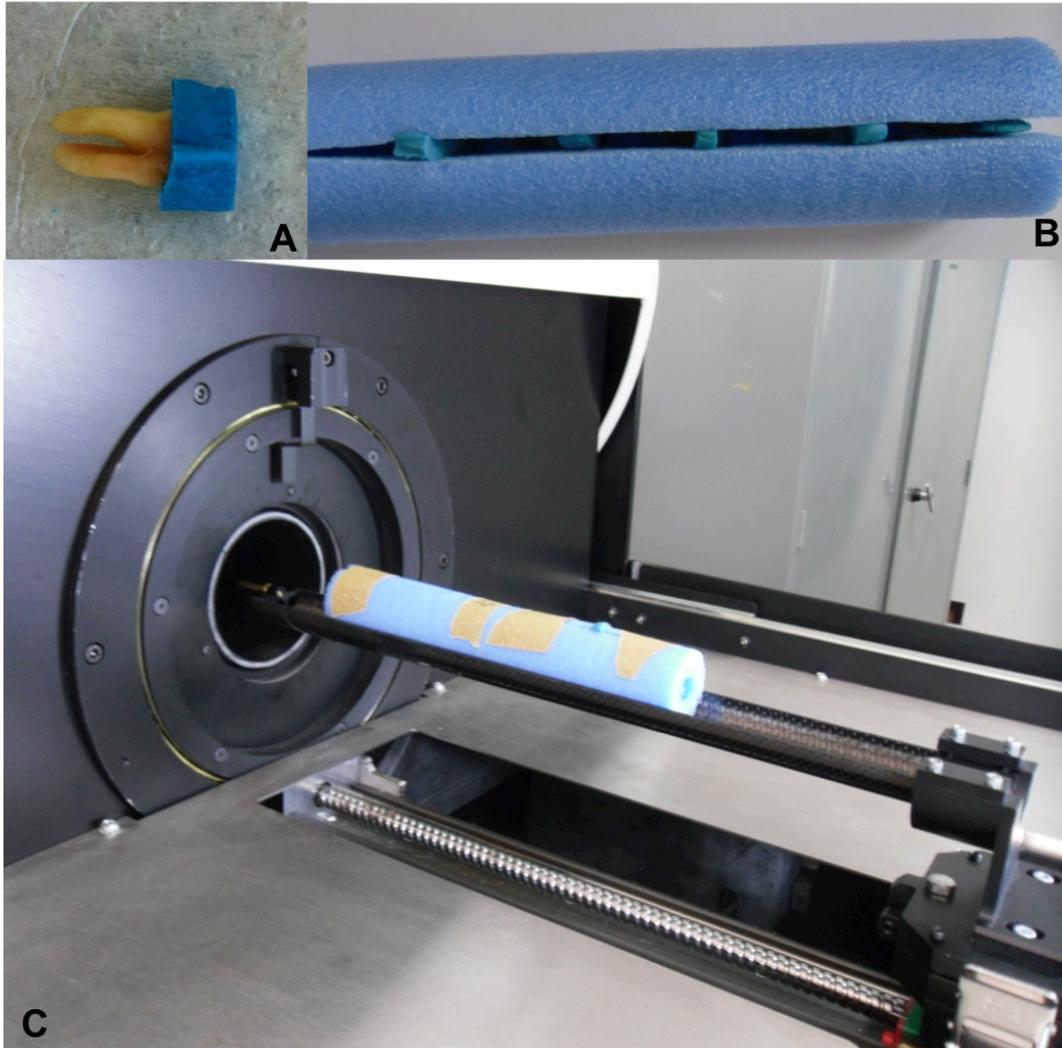


Figura 4.2 – Posicionamento dos espécimes. A: Espécime incluído em material de moldagem de alta precisão; B: Espécimes posicionados no suporte para amostra; C: Suporte para amostra posicionado na cama de fibra de carbono do microtomógrafo

Os espécimes foram escaneados com uma potência de 90 KV e 278 μ A, rotacionados a 360° com 0,5° de passo de rotação, produzindo uma imagem com tamanho de voxel 17,42 μ m. O filtro utilizado foi o de cobre + alumínio, e cada espécime levou em media 24 minutos e 40 segundos para completar o escaneamento. Os parâmetros utilizados estão detalhados no Anexo B.

Após a aquisição das imagens das projeções 2D, deu-se início à etapa de reconstrução das secções transversais, realizada no programa NRecon, por meio do algoritmo de reconstrução de feixe cônico de Feldkamp modificado, utilizando um cluster de computadores (Figura 4.3) e (Anexo C).

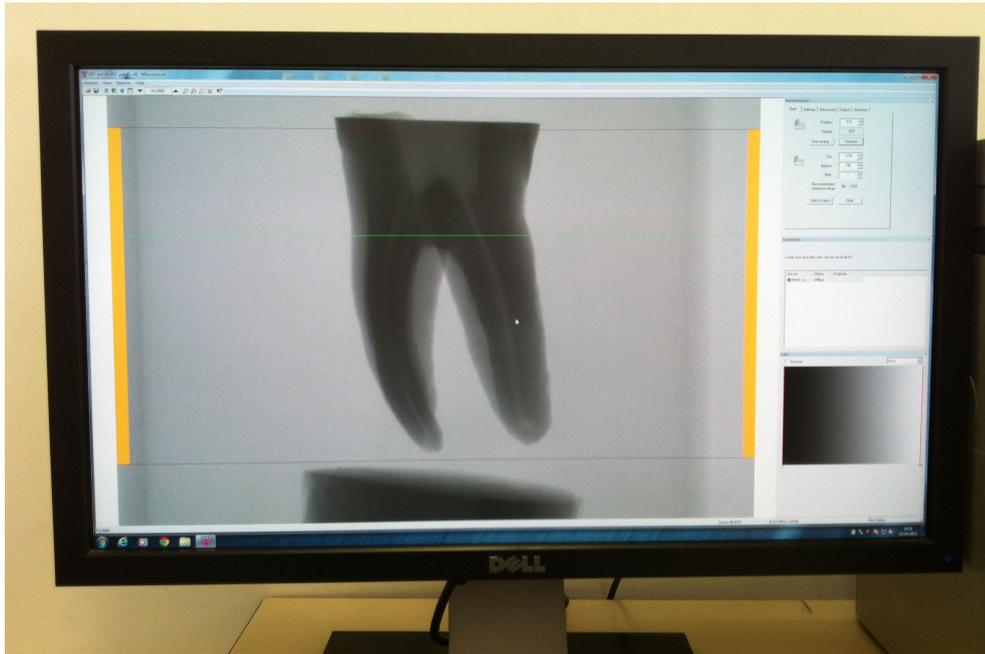


Figura 4.3 – Programa NRecon utilizado para reconstruir secções transversais dos espécimes

4.2.4 Preparo químico-cirúrgico

Para a realização do preparo químico-cirúrgico, as raízes dos dentes foram cobertas com silicona de condensação, com o objetivo de reter a solução irrigadora intracanal, evitando que a mesma extravazasse pelo forame apical.

Nos dois grupos, os canais mesiais foram pré-alargados com uma lima manual do tipo K #15. Em seguida os instrumentos Reciproc® R25 foram utilizados, acionados com o motor elétrico VDW.SILVER®, ajustado no movimento recíprocante. Os canais foram preparados por um único operador, de acordo com as instruções do fabricante: inserção lenta do instrumento no canal radicular em movimento de vai e vem e remoção após 3 avanços, com pouca pressão apical. Esse procedimento repetiu-se até o CRT estabelecido.

A cada retirada do instrumento, a câmara pulpar era preenchida com gel de Endo PTC e os canais irrigados com 2 ml de NaOCl a 1%, totalizando um volume de 6 ml por canal. O comprimento de trabalho também era recapitulado neste momento, com uma lima manual K #10. Foram utilizadas seringas descartáveis tipo luer lock e

agulha NaviTips tamanho 30, posicionada mais apicalmente possível, sem que a mesma se prendesse às paredes do canal, sempre em movimentos de vai e vem.

4.2.5 Irrigação final

Após o término do preparo químico-cirúrgico, foi realizada irrigação com 5 ml de NaOCl 1 %, seguida de 5 ml de EDTA 17% e mais 5 ml de NaOCl 1 %. A seguir, os canais foram aspirados com uma cânula suctora do tipo Capillary Tip e secos com pontas de papel absorvente estéreis Reciproc® R25.

A silicona de condensação foi então removida e os dentes reposicionados no porta-amostra para a realização do exame pós-preparo (2º escaneamento).

A seguir, as raízes dos 24 espécimes foram novamente cobertas com silicona de condensação para a execução das técnicas de irrigação final.

Grupo 1 - Irrigação Ultrassônica Passiva

Cada canal foi irrigado com 2 ml de NaOCl 1% utilizando a técnica convencional, do mesmo modo descrito anteriormente. Em seguida, o irrigante foi ativado por 30 segundos com auxílio de um aparelho de ultrassom programado na potência de 10%, com uma ponta lisa TRA31-T, inserida com movimentos de vai e vem, até o limite mais apical em que pudesse vibrar livremente, respeitando-se a distância máxima de 2 mm do CRT (Figura 4.4). Este procedimento repetiu-se mais duas vezes, porém com 2 ml de EDTA 17%, e em seguida novamente com 2 ml de NaOCl 1% (Van der Sluis et al., 2007b).

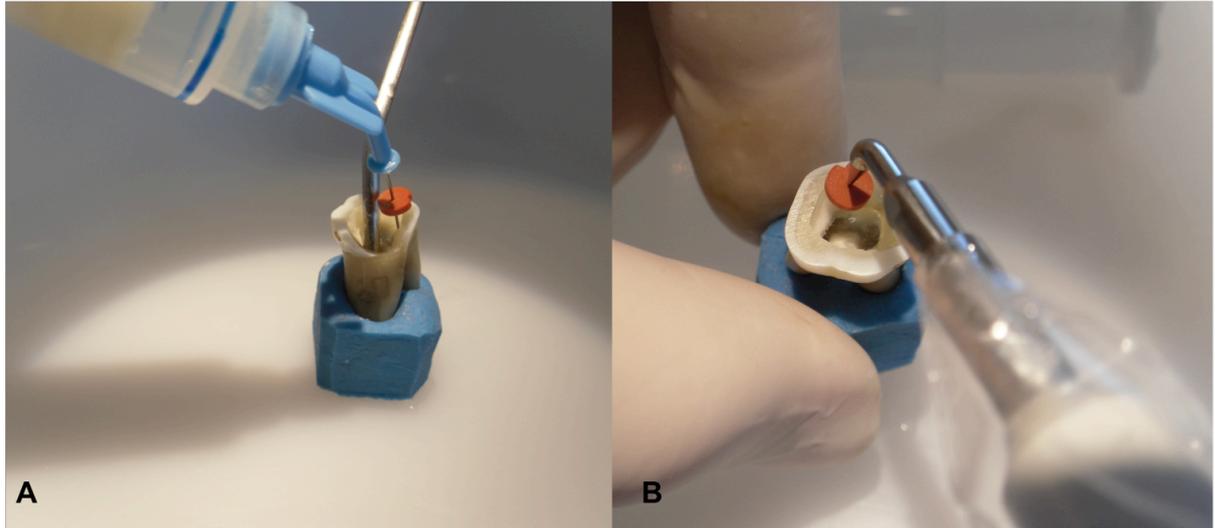


Figura 4.4 – Irrigação ultrassônica passiva. A: Irrigação convencional com seringa e agulha; B: Ativação do irrigante com ultrassom e uma ponta ultrassônica lisa TRA31-T

Grupo 2 – EndoVac

Foram realizados 3 ciclos de irrigação e aspiração com a microcânula (micro irrigação), de acordo com as recomendações do fabricante. Cada ciclo da micro irrigação consistiu em posicionar a microcânula a 1 mm do CRT por 6 segundos, mantendo a câmara pulpar repleta de irrigante por meio de irrigação contínua com a ponta principal de irrigação. Depois, a microcânula foi recuada 2 mm do CRT por 6 segundos e estes movimentos foram repetidos, até completar 30 segundos (Figura 4.5). O primeiro ciclo foi feito com 2 ml de NaOCl 1,0%, no segundo ciclo foi utilizado 2 ml de EDTA 17% e no terceiro ciclo novamente 2 ml de NaOCl 1,0%.

Finalmente, os canais foram aspirados com uma cânula suctora do tipo Capillary Tip e secos com pontas de papel absorvente estéreis Reciproc R25.

Em seguida, a silicona de condensação foi removida e os dentes reposicionados no porta-amostra para a realização do exame pós-irrigação final (3º escaneamento).

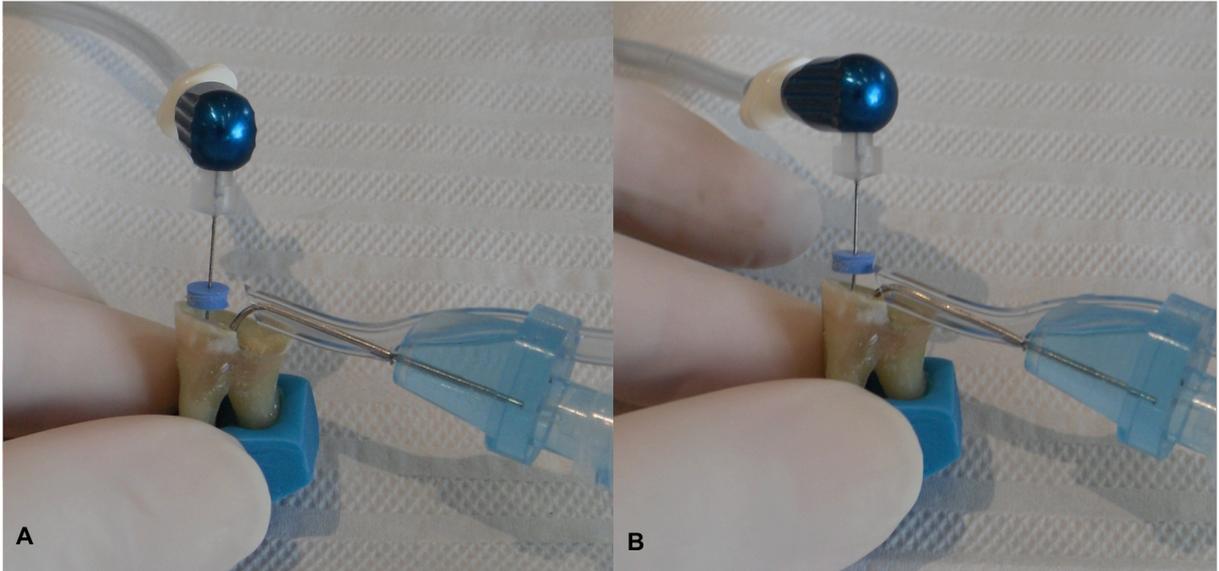


Figura 4.5 – Sistema EndoVac. A: Microcânula posicionada a 1 mm do CRT e irrigação contínua com a ponta principal de irrigação; B: Microcânula posicionada a 2 mm do CRT

4.2.6 Obturação

Após o terceiro escaneamento, todos os canais foram obturados com cone de guta percha e cimento AH plus, manipulado de acordo com as instruções do fabricante, utilizando-se a técnica termoplástica de ondas contínuas de condensação (Figura 4.6).

Um cone de guta-percha Reciproc R25 envolto por cimento foi inserido em cada canal radicular no CRT. Em seguida, um condensador tamanho fine medium Dual Heat System foi utilizado para cortar o cone de guta-percha no nível da entrada do canal radicular, e o remanescente foi condensado com condensadores verticais manuais. O mesmo condensador, agora calibrado com um cursor de borracha a 5 mm aquém do CRT, foi aquecido a 200 °C e introduzido no interior do canal radicular. Após 5 segundos, o condensador era retirado do canal e o remanescente do material obturador condensado a frio com condensadores verticais manuais.

A próxima etapa consistiu no preenchimento da porção média e cervical do canal com guta-percha aquecida a uma temperatura de 160°C, utilizando a pistola do equipamento Dual Heat System.

Após os procedimentos de obturação, a câmara pulpar foi limpa com uma bolinha de algodão embebida em álcool 70% e as entradas dos canais preenchidas com material restaurador temporário.

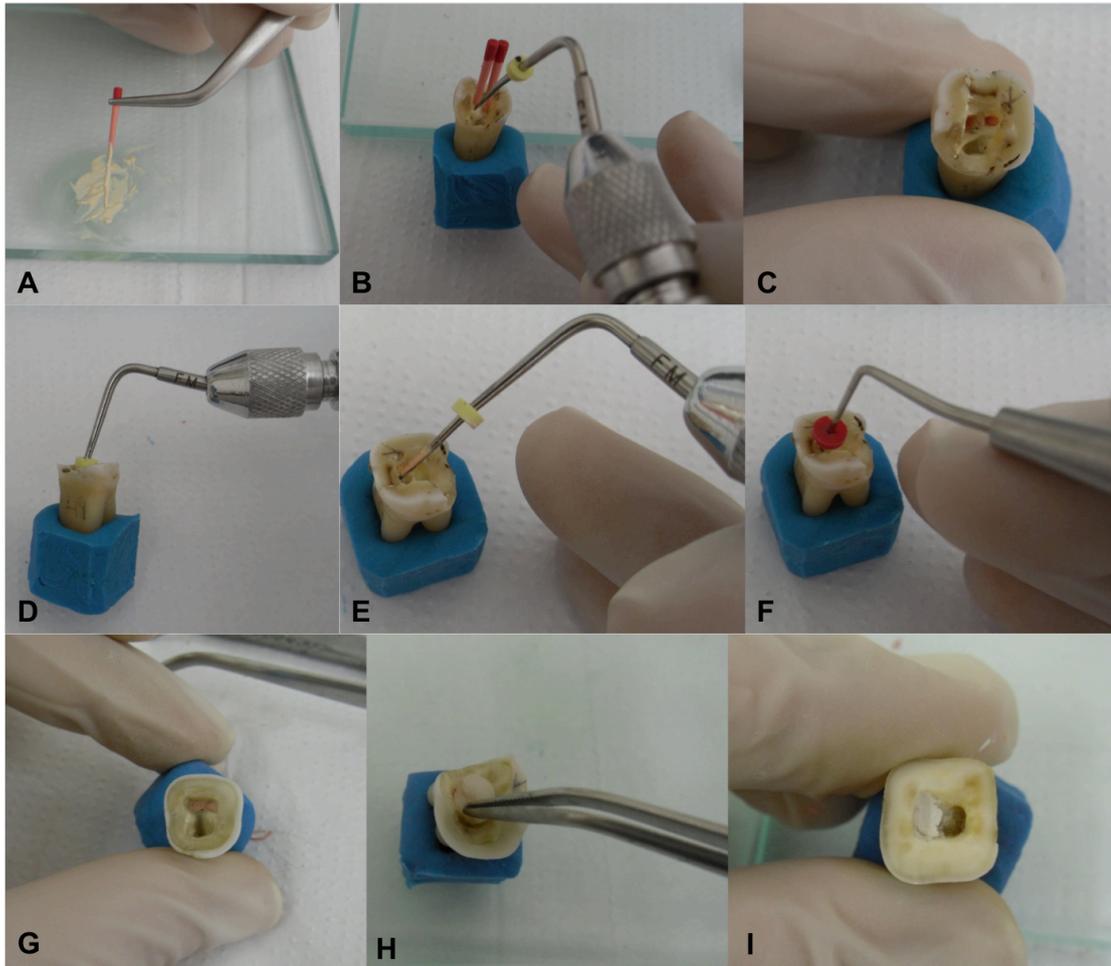


Figura 4.6 – Obturação com a técnica de ondas contínuas de condensação. A: Cone de guta-percha Reciproc R25 envolto por cimento; B: Corte do cone de guta-percha na entrada dos canais; C: Condensação do remanescente com condensadores verticais manuais; D: Condensador aquecido introduzido a 5 mm do CRT; E: Após 5 segundos, o condensador era retirado do canal; F: Remanescente do material obturador condensado a frio com condensadores verticais manuais; G: Terços médio e cervical do canal preenchidos com guta-percha aquecida a 160°C; H: Câmara pulpar foi limpa com uma bolinha de algodão embebida em álcool 70%; I: Entradas dos canais preenchidas com material restaurador temporário

Os dentes foram armazenados a 37°C com 100% de umidade por 72 horas.

Em seguida os espécimes foram reposicionados no porta-amostra para que fosse realizado o exame pós-obturação (4^o escaneamento).

4.2.7 Metodologia de avaliação

Após a reconstrução das imagens resultantes dos quatro escaneamentos, deu-se início às etapas de análise e visualização.

Primeiramente foi utilizado o programa DataViewer para o corregristo de dois conjuntos de imagens, um usado como referência (ref) e outro como alvo (tar), a fim de alinhá-las geometricamente (diff). O resultado foi um novo registro de dados das imagens referência e alvo, agora salvas em novas pastas (Figura 4.7).

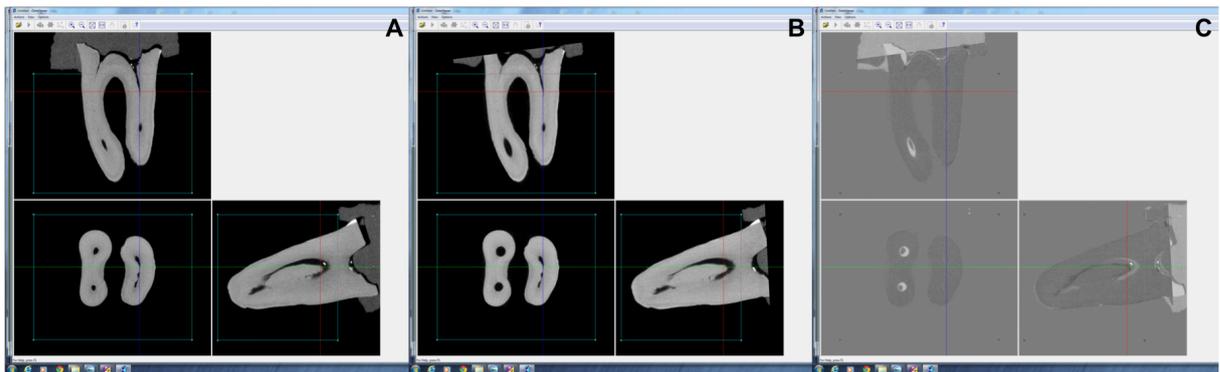


Figura 4.7 – Corregristo das imagens. A: Conjunto de imagens referência (ref); B: Conjunto de imagem alvo (tar); C: Dois conjuntos de imagens alinhados geometricamente (diff)

Em seguida os conjuntos de imagens foram abertos no programa CTAn, para o cálculo de parâmetros quantitativos e construção dos modelos visuais em 3D.

Para cada espécime a secção que mostrasse a separação total das entradas dos canais mesiais em relação ao canal distal, no nível da câmara pulpar, era escolhida como “top”, e o primeiro corte apical onde fosse possível visualizar a raiz era selecionado como “bottom”. Essas mesmas referências foram usados nas análises dos exames subseqüentes (Figura 4.8).

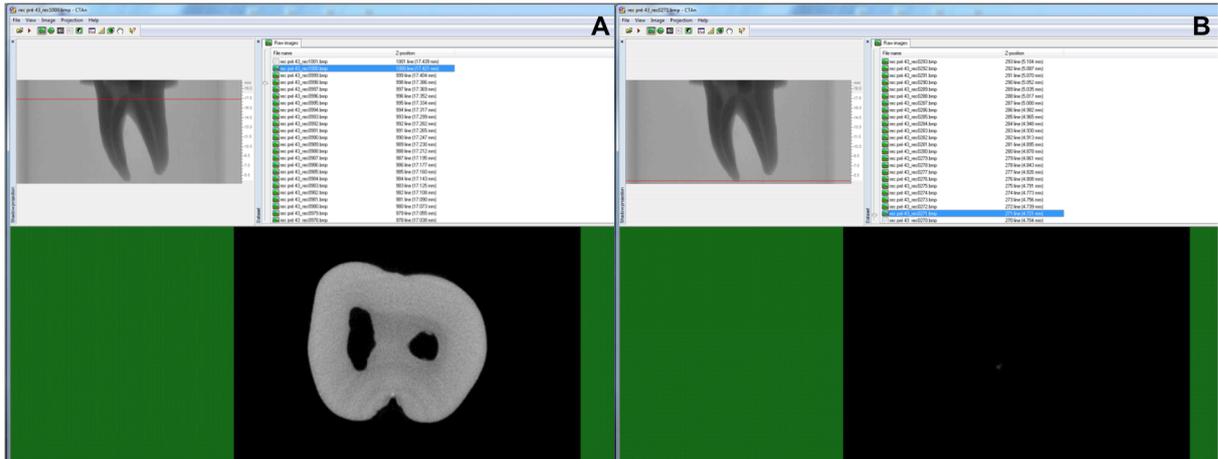


Figura 4.8 – Seleção dos cortes de referência. A: Corte mais coronal: top; B: Corte mais apical: bottom

Uma nova região de interesse (ROI) foi então criada em todas as secções transversais, selecionando-se apenas a raiz mesial, e salva para utilização nas análises posteriores. A integração das regiões de interesse em todos os cortes seleccionados definiu o volume de interesse (VOI) de cada espécime, o qual era salvo como um novo conjunto de imagens (Figura 4.9).

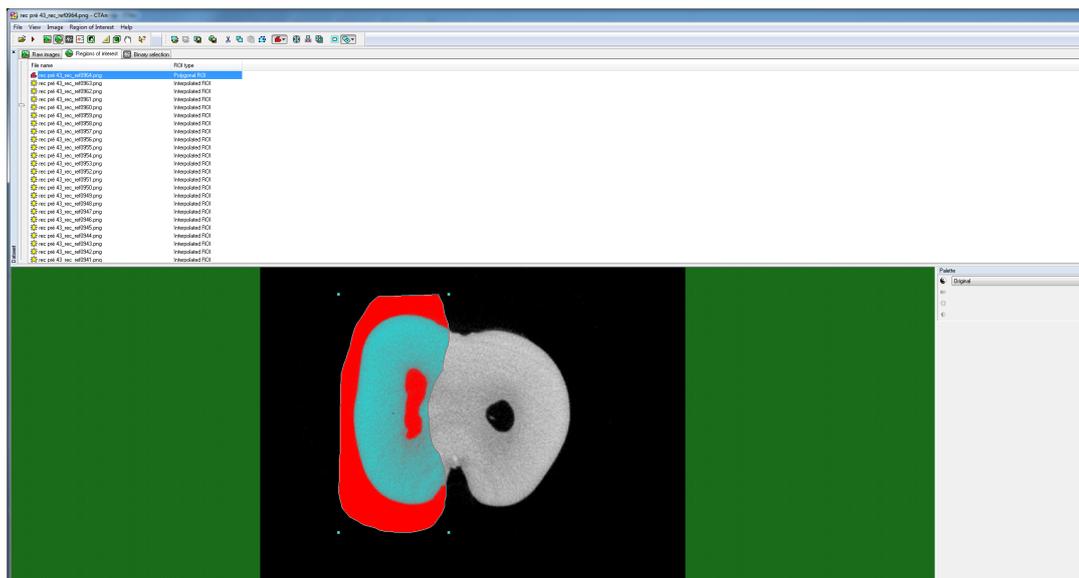


Figura 4.9 – Seleção de uma nova região de interesse contemplando apenas a raiz mesial

O novo volume de interesse era carregado novamente no programa CTAn, agora apenas com a raiz mesial (Figura 4.10), e o intervalo na escala de cinza necessário para reconhecer cada objeto a ser avaliado era determinado em um

histograma de densidade, processo este denominado binarização ou segmentação. O resultado final foi uma imagem binária composta por pixels pretos que representam os espaços vazios (ar), ou brancos, que representam o objeto de interesse (Figura 4.11).

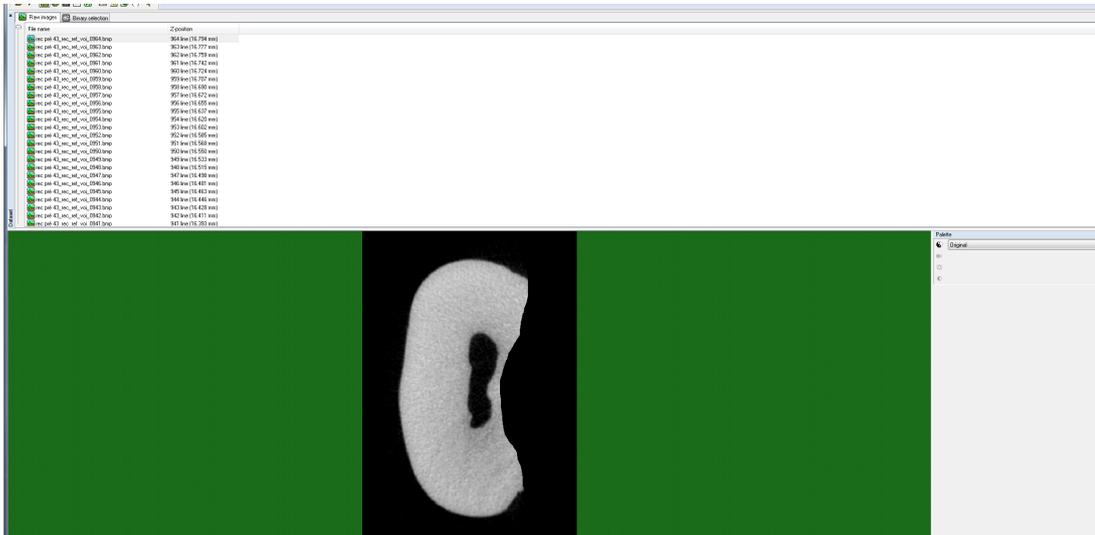


Figura 4.10 – Novo volume de interesse (raiz mesial) carregado no programa CTAN

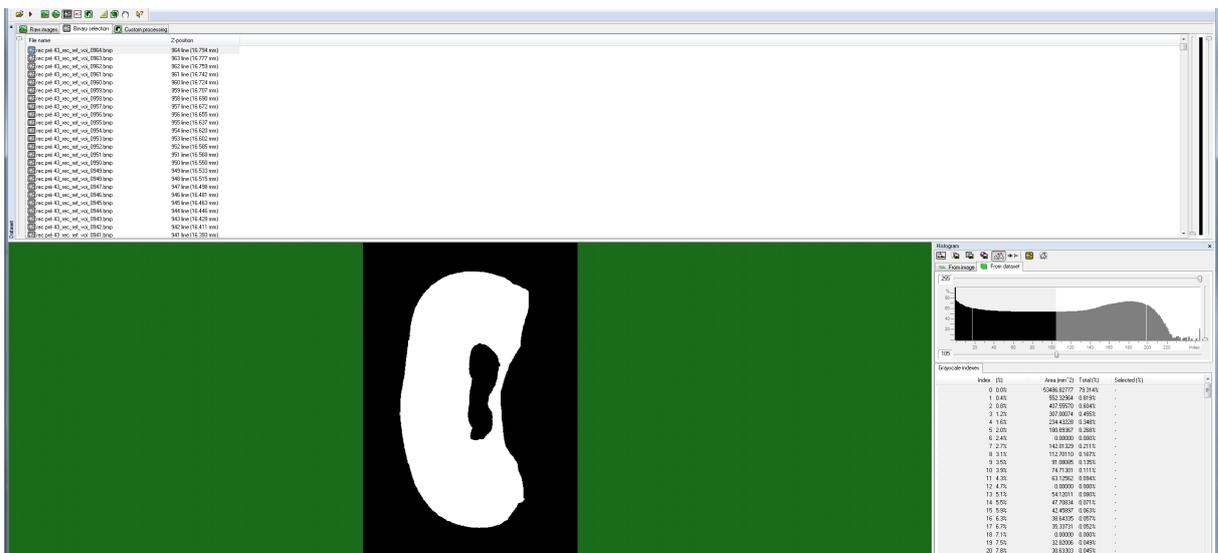


Figura 4.11 – Binarização do objeto (dentina radicular) através de um histograma de densidade

A seguir a ferramenta *custom processing* era utilizada para um processamento personalizado das imagens, onde funções diversas e operações matemáticas eram executadas através da criação de *task lists*, ou lista de tarefas (Figura 4.12).

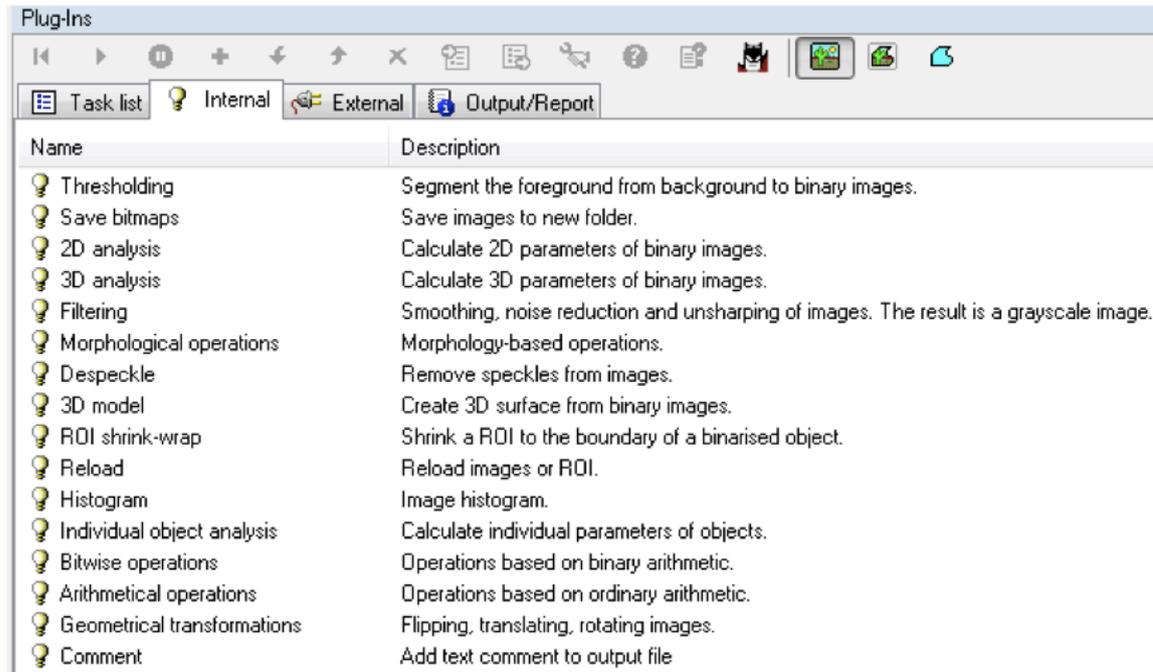


Figura 4.12 – Ferramenta *custom processing* com plug-ins para criação de lista de tarefas (*task lists*)

O resultado final foi a análise volumétrica e o modelo 3D de um determinado objeto apenas. Assim foram criadas listas padrão distintas para segmentar o canal radicular e a dentina, os debrís dentinários e o material obturador (Anexo D).

A presença de material com densidade similar à dentina nas imagens pós-preparo, em regiões previamente ocupadas por ar no espaço do canal pré-operatório foi considerado debrís e quantificado pela intersecção entre as imagens antes e depois do preparo do canal (Figura 4.13).

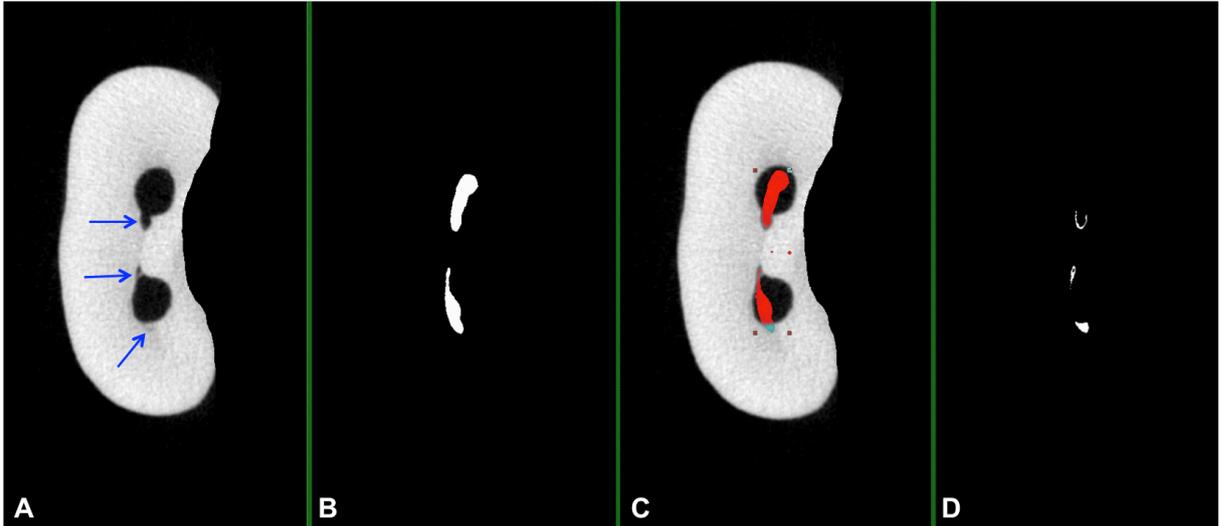


Figura 4.13 – Binarização dos debris pós-preparo. A: Imagem original do canal pós-preparo; B: Imagem binária do canal pré-operatório; C: Sobreposição de A e B: intersecção em azul; D: Intersecção de A e B = debris binarizados: a presença de material com densidade similar à dentina nas imagens pós-preparo, em regiões previamente ocupadas por ar no espaço do canal pré-operatório foi identificada por debris (setas azuis em A)

O volume de debris remanescentes após o exame irrigação final foi identificado a partir da intersecção entre a imagem original do canal pós irrigação e a imagem dos debris pós preparo (Figura 4.14).

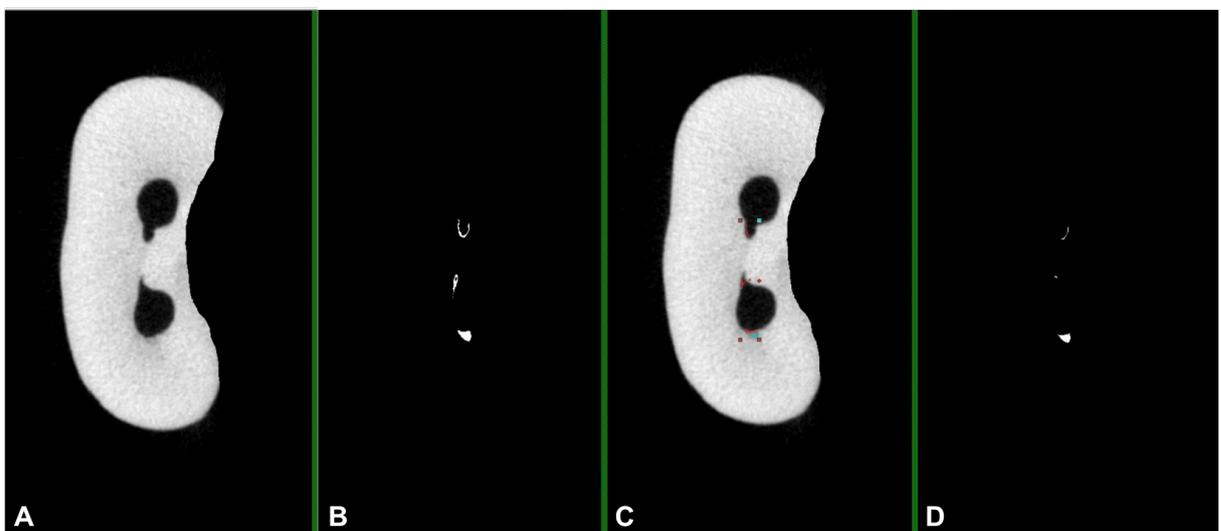


Figura 4.14 – Binarização dos debris pós-irrigação final. A: Imagem original do canal pós-irrigação final; B: Imagem binária dos debris pós-preparo; C: Sobreposição de A e B: intersecção em azul; D: Intersecção de A e B = debris remanescentes

A Figura 4.15 mostra um exemplo de binarização do material obturador com gráfico de histograma de densidade.

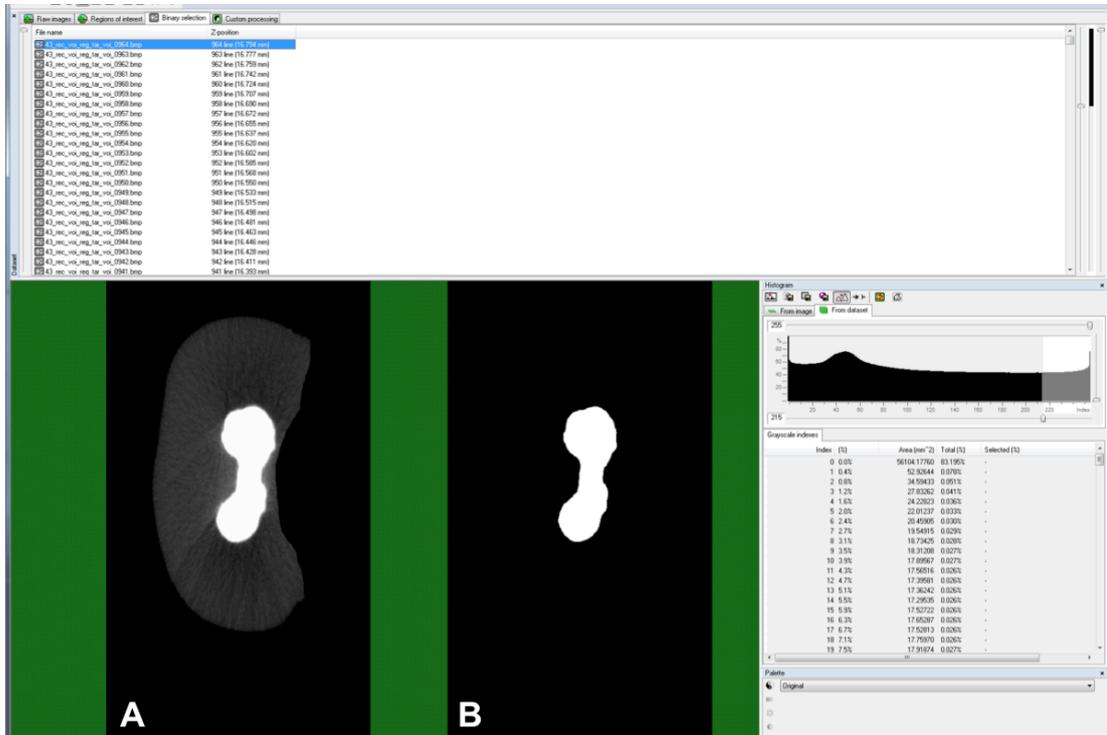


Figura 4.15 – Binarização do material obturador. A: Imagem original da raiz mesial com material obturador; B: Imagem binária correspondente ao material obturador da imagem A; C: Histograma com intervalo de densidade necessário para binarizar o material obturador

Para o cálculo das porcentagens de debris e de material obturador, tomou-se como referência o volume do canal pós preparo sem debris, obtido através da operação OR do *plug-in* Bitwise Operations. Assim, as imagens binárias do canal pré e pós-operatórios foram somadas, eliminando-se os debris (Figura 4.16).

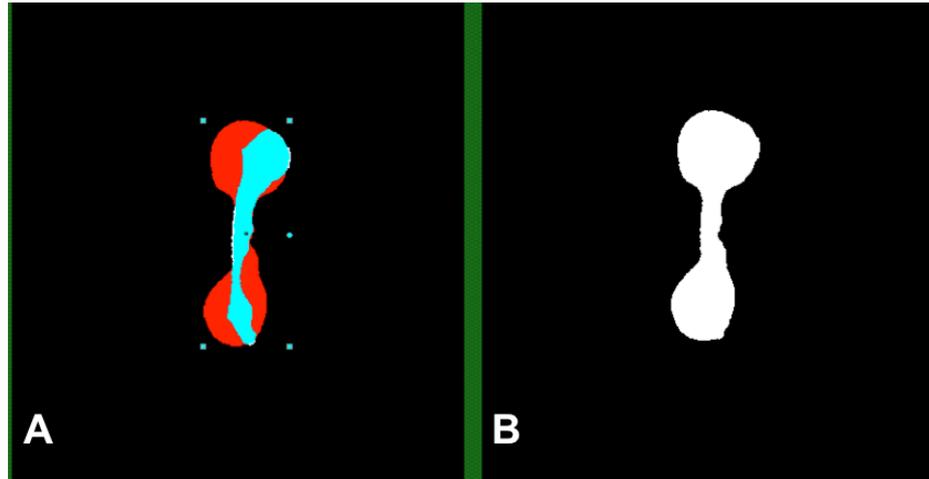


Figura 4.16 – Análise do volume do canal pós preparo sem debris. A: Em vermelho o canal pós-preparo e em azul o canal pré-operatório; B: As duas imagens somadas pela operação OR do *plug-in* Bitwise Operations

A porcentagem de debris produzidos após o preparo foi calculada utilizando a seguinte fórmula:

$$\% \text{ de debris pós preparo} = \frac{\text{volume de debris pós preparo} \times 100}{\text{volume do canal pós sem debris}}$$

Foi utilizada a mesma fórmula para calcular a porcentagem de debris remanescentes após a irrigação final:

$$\% \text{ de debris pós preparo} = \frac{\text{volume de debris pós irrigação final} \times 100}{\text{volume do canal pós sem debris}}$$

A redução percentual de debris foi calculada desta maneira:

$$\% \text{ redução de debris} = \frac{\% \text{ debris pos irrigação final} \times 100}{\% \text{ debris pos preparo}} - 100$$

Os percentuais volumétricos de material obturador e de espaços vazios também foram calculados:

$$\% \text{ material obturador} = \frac{\text{volume de material obturador} \times 100}{\text{volume do canal pós sem debris}}$$

$$\% \text{ espaços vazios} = 100 - \% \text{ material obturador}$$

O programa GraphPad Prism, utilizado para a realização das análises estatísticas, indicou uma distribuição normal e variâncias homogêneas das duas, por isso as médias de redução de debris dentinários entre os grupos e a porcentagem de material obturador e de espaços vazios foram comparadas por meio do teste t de Student ($p < 0,05$).

5 RESULTADOS

As análises de micro-CT revelaram que em ambos os grupos, os instrumentos Reciproc R25 produziram debris dentinários, os quais permaneceram no interior dos canais radiculares, ocupando uma percentagem média em relação ao volume do canal de 3,40 %.

5.1 Remoção de debris dentinários

Os valores originais da percentagem de debris dentinários remanescentes após o preparo químico-cirúrgico e após a aplicação do método de irrigação final IUP ou EndoVac, nos terços cervical, médio e apical, e em toda a extensão do canal, bem como a percentagem de redução desses debris, encontram-se nos apêndices A e B. As médias e os desvios-padrão estão apresentados na tabela 5.1 e ilustrados nas figuras 5.1 e 5.2.

A utilização da IUP ou EndoVac na irrigação final mostrou uma redução na percentagem do volume de debris de 55,55% e 53,65% respectivamente, sem diferença estatística entre eles ($p > 0,05$).

Tabela 5.1 - Médias e desvios-padrão da percentagem de debris após o preparo químico-cirúrgico e após a irrigação final, e a percentagem de redução desses debris nos grupos IUP e EndoVac

Grupos	Terços	Debris		Redução de debris
		Após preparo	Após irrigação final	
IUP	todos	2,711 ± 2,029	1,144 ± 0,960	-55,548
	cervical	1,415 ± 1,015	0,442 ± 0,478	-65,301
	médio	4,237 ± 3,386	2,006 ± 1,994	-54,017
	apical	4,652 ± 4,479	1,936 ± 2,118	-54,539
ENDOVAC	todos	4,106 ± 4,442	2,129 ± 3,211	-53,650
	cervical	2,488 ± 3,575	1,281 ± 3,211	-59,958
	médio	4,431 ± 5,496	2,446 ± 4,243	-47,608
	apical	5,106 ± 6,284	3,011 ± 5,409	-51,210

* Não houve diferença estatisticamente significativa entre os grupos ($p > 0,05$)

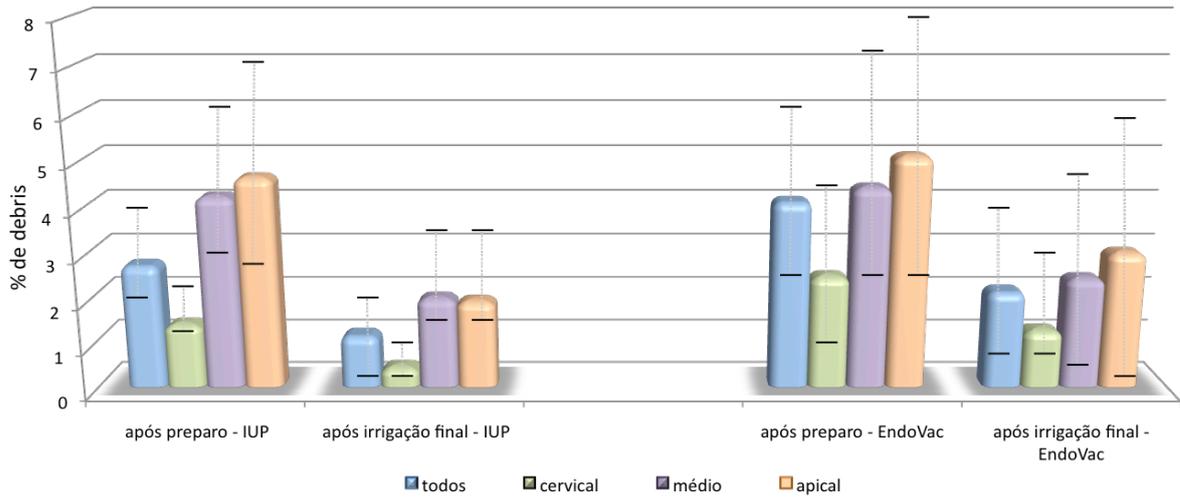


Figura 5.1 - Médias e desvios-padrão da porcentagem de debris após o preparo químico-cirúrgico e após a irrigação final, nos grupos IUP e EndoVac

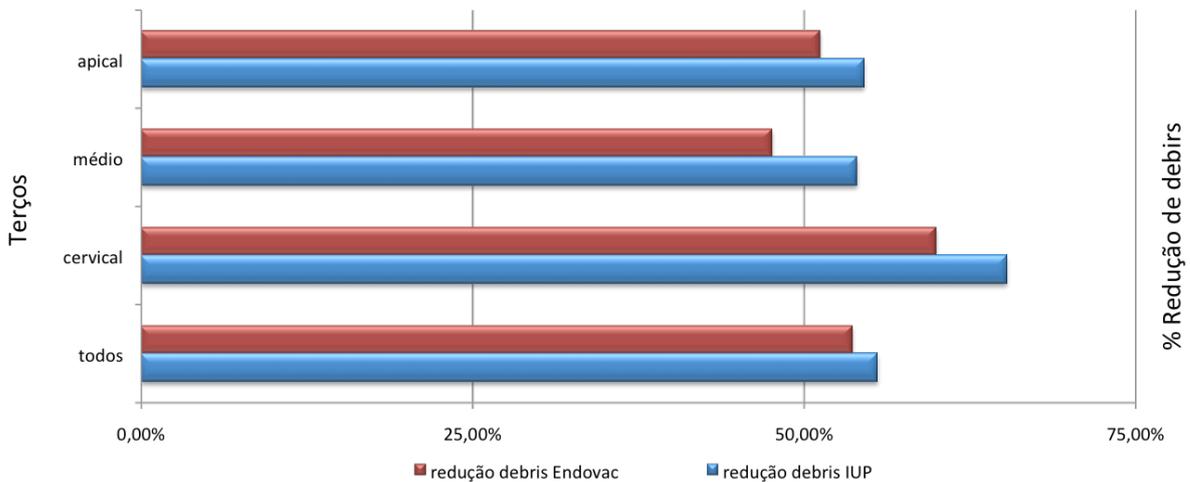


Figura 5.2 - Médias da porcentagem de redução dos debris nos grupos IUP e EndoVac

As figuras 5.3 e 5.4 mostram o espaço do canal após o preparo em vermelho e as áreas de debris em preto, antes e após irrigação com IUP e EndoVac, respectivamente. As linhas pontilhadas indicam a localização aproximada das secções transversais correspondentes. A maioria dos debris acumulou-se nas áreas não instrumentadas, tais como istmos, projeções dos canais principais e ramificações. Outros modelos estão apresentados nos apêndices C e D.

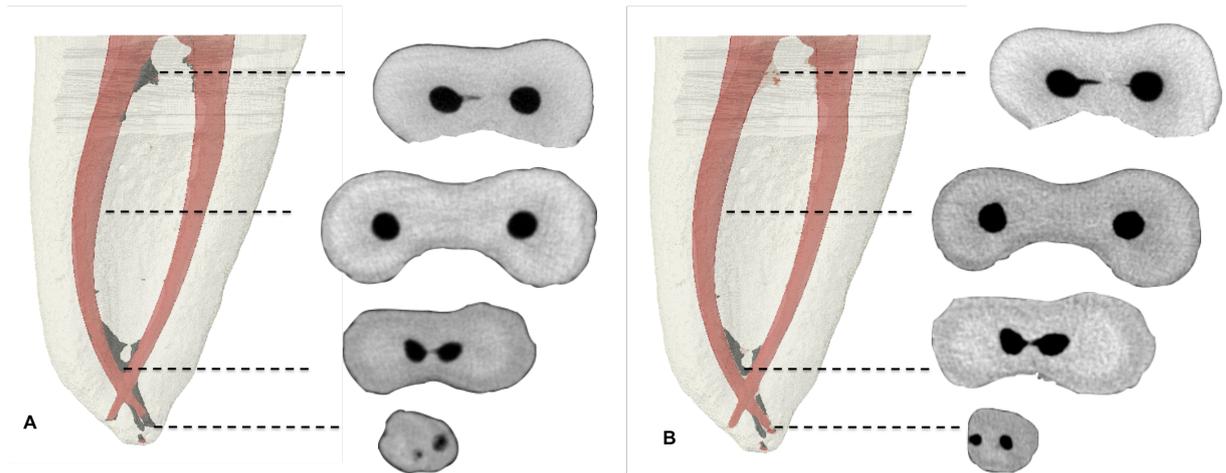


Figura 5.3 – Acúmulo de debris grupo IUP. As linhas pontilhadas indicam as secções transversais correspondentes: A: Debris produzidos após o preparo; B: Debris remanescentes após irrigação final

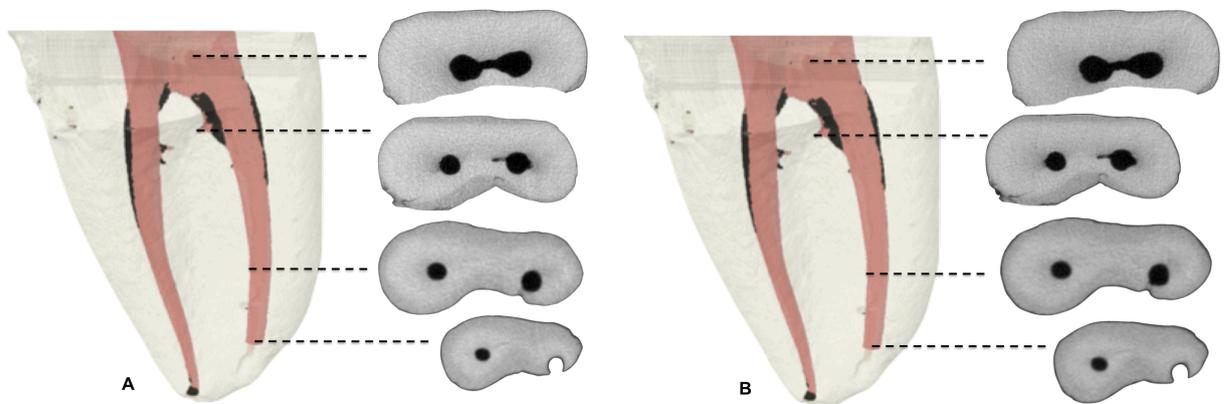


Figura 5.4 – Acúmulo de debris grupo Endovac. As linhas pontilhadas indicam as secções transversais correspondentes: A: Debris produzidos após o preparo; B: Debris remanescentes após irrigação final

5.2 Qualidade da obturação dos canais radiculares

Os valores originais da porcentagem de material obturador (guta-percha e cimento) e de espaços vazios nos terços cervical, médio e apical, e em toda a extensão do canal, para ambos os grupos, encontram-se nos apêndices E (grupo IUP) e F (grupo EndoVac). As médias e os desvios-padrão estão apresentados na tabela 5.2 e as médias ilustradas na figura 5.5.

Nenhuma diferença estatisticamente significativa foi encontrada na porcentagem do volume de material obturador e de espaços vazios após irrigação final com IUP ou EndoVac ($p > 0,05$).

Tabela 5.2 - Médias e desvios-padrão da porcentagem de material obturador e espaços vazios nos canais obturados após irrigação final com IUP ou EndoVac.

Grupos	Terços	Material obturador	Espaços vazios
IUP	todos	96,085 ± 2,496	3,915 ± 2,496
	cervical	97,146 ± 3,250	2,854 ± 3,250
	médio	93,304 ± 2,987	6,696 ± 2,987
	apical	95,068 ± 3,763	4,932 ± 3,763
ENDOVAC	todos	93,938 ± 4,182	6,062 ± 4,182
	cervical	94,504 ± 3,383	5,496 ± 3,383
	médio	91,889 ± 5,863	8,111 ± 5,863
	apical	91,786 ± 8,970	8,214 ± 8,970

* Não houve diferença estatisticamente significante entre os grupos ($p > 0,05$)

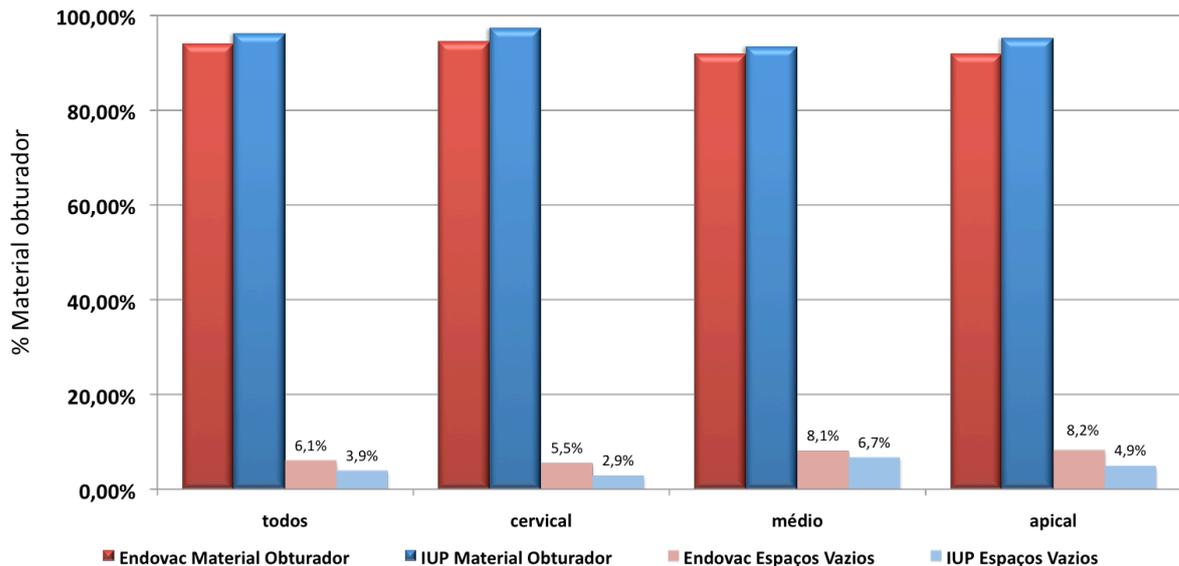


Figura 5.5 - Médias da porcentagem de material obturador e espaços vazios nos canais obturados após irrigação final com IUP ou EndoVac

A figura 5.6 apresenta imagens dos canais obturados (laranja), sobrepostos ao espaço do canal radicular (verde) e aos debrís remanescentes (preto), nos grupos IUP e EndoVac. As linhas pontilhadas indicam a localização aproximada das secções transversais correspondentes. Outros modelos estão apresentados nos apêndices G e H.

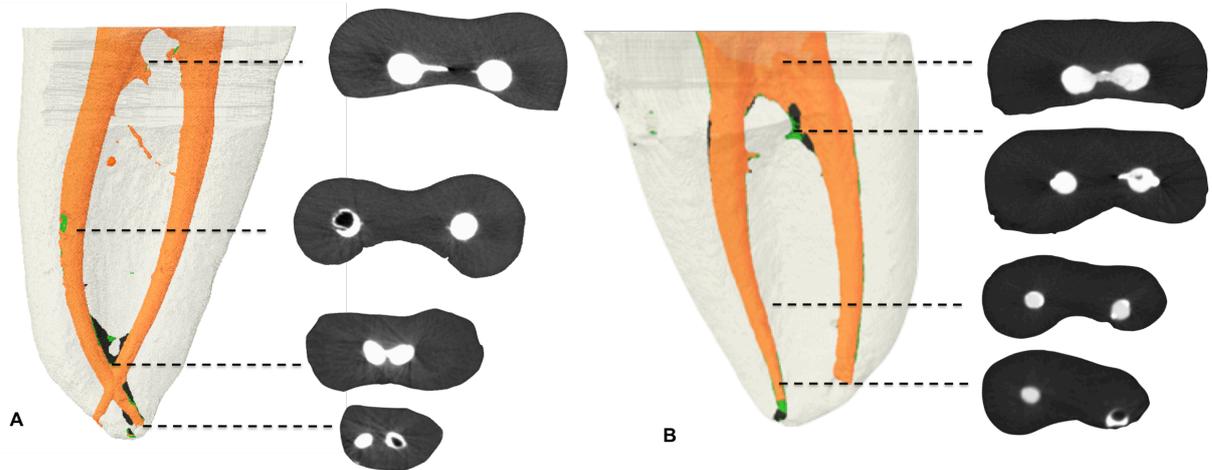


Figura 5.6 - Modelos 3D da obturação dos canais. Material obturador (laranja), sobreposto à anatomia final do preparo (verde) e aos debrís remanescentes (preto). As linhas pontilhadas indicam as secções transversais correspondentes. A: grupo IUP; B: grupo EndoVac

6 DISCUSSÃO

Os resultados do presente trabalho não indicaram diferenças entre a irrigação ultrassônica passiva e o sistema EndoVac, utilizados como irrigação final após o preparo químico-cirúrgico de canais mesiais de molares inferiores. As duas técnicas reduziram o mesmo volume de debris, e também não exerceram influência na qualidade da obturação, confirmando nossa hipótese de nulidade.

O método de avaliação escolhido nos permitiu avaliar tridimensionalmente a anatomia do canal radicular original, e os procedimentos de preparo químico-cirúrgico e obturação, mensurando o volume das regiões de interesse, sem qualquer manipulação dos espécimes. Talvez esta seja a maior vantagem da microtomografia computadorizada: um método não-invasivo que possibilita análises 3D de procedimentos sequenciais em um mesmo espécime, de modo quantitativo e qualitativo.

Esta tecnologia traz consigo ainda outros benefícios. Os dados armazenados podem ser trabalhados gerando imagens de qualquer área de interesse do dente para futuras análises comparativas (Peters et al., 2001). Além disso, é considerada uma importante ferramenta educacional para treinamento pré-clínico em Endodontia (Peters et al., 2000).

Desde os primeiros relatos sobre a utilização da tomografia computadorizada para visualização das imagens dos canais radiculares (Tachibana; Matsumoto, 1990), avanços tecnológicos levando ao desenvolvimento de microtomógrafos, aliados a avanços nos softwares, aprimoraram a resolução das imagens, diminuindo também o tempo necessário para escaneamento das amostras (Nielsen et al., 1995; Dowker et al., 1997).

Assim, a micro-CT abriu novas possibilidades e tornou possível aos pesquisadores mensurar parâmetros até então desconhecidos, como a alteração de volume do canal por diferentes protocolos de instrumentação (Peters et al., 2001), detalhes da anatomia do canal radicular (Mannocci et al., 2005), quantidade e distribuição das áreas da parede do canal não tocadas pelo instrumento (Metzger et al., 2010), volume de debris produzidos e removidos no canal radicular após o preparo (Paqué et al., 2009), volume de material obturador obtido por diversas técnicas de obturação (Hammad et al., 2009), volume remanescente de medicação

com hidróxido de cálcio (Wiseman et al., 2011), além de propiciar análises correlativas com outros métodos de pesquisa (Siqueira Jr et al., 2013).

Os primeiros a validar um método para estudo tridimensional do acúmulo de debris dentinários foram Paqué et al. (2009). Eles identificaram como debris o espaço do canal original ocupado por material radiopaco após instrumentação rotatória, encontrando um volume em torno de 29,1%. Em seguida, uma análise por EDX comparou a quantidade de cálcio e de fósforo deste material com a do tecido dentinário, confirmando que debris eram depositados no canal sob a forma de pequenas lascas de dentina. Vale salientar que propositalmente, os autores não utilizaram nenhuma irrigação.

Nos anos seguintes, outros estudos foram realizados com micro-CT, comparando diferentes protocolos de irrigação (Paqué et al., 2011; Paqué et al., 2012a, 2012b; Robinson et al., 2012, 2013; De Deus et al., 2014). Em todos eles, reconstruções tridimensionais de canais mesiais de molares inferiores mostraram o acúmulo de debris dentinários em regiões de istmos, ramificações e canais acessórios.

A microtomografia agora nos mostra, por outro ângulo, a complexa anatomia do canal radicular, permitindo novo entendimento de um problema antigo: a completa limpeza e modelagem do sistema de canais.

A literatura relata que a anatomia de molares inferiores é variada e que a incidência de istmos ocorre em todos os níveis da raiz mesial (Fan et al., 2010; Villas-Bôas et al., 2011), variando entre 17,25% a 50,25% nos 5 mm apicais (Mannocci et al., 2005). Neste estudo, a análise da anatomia pré-operatória dos espécimes identificou irregularidades nas mais diversas posições ao longo do canal radicular, sendo que a distribuição entre os dois grupos foi similar.

Nas porções do canal onde a secção transversal é circular, normalmente os debris são levados coronalmente pelas lâminas do instrumento. Quando há espaço lateralmente, como no caso da presença de istmos, o instrumento pode acabar empurrando os debris para esta região (Robinson et al., 2013).

Nos nossos resultados fica evidente que a distribuição do acúmulo de debris varia, sendo maior nas áreas anatômicas mais retentivas. Após avaliação dos modelos 3D e das seções transversais das amostras, foi possível observar restos de tecido duro, não só nas áreas istmos, mas também em irregularidades das paredes

dentinárias ao longo do comprimento do canal, concentrando-se mais nos terços médio e apical. Nessas regiões, o espaço radiolúcido do canal se tornou rapiopaco, desaparecendo após a instrumentação.

Durante o preparo do canal, em ambos os grupos foi utilizado o protocolo de irrigação com NaOCl 1%, gel de Endo-PTC e EDTA 17%, resultando em uma porcentagem média de debris acumulados na ordem de 3,40%. O uso destas substâncias justifica-se pela capacidade de dissolução tecidual do NaOCl (De Gregório et al., 2010) combinado com um lubrificante que diminui o atrito do instrumento e facilita a suspensão dos detritos, e um agente quelante que vai atuar na porção inorgânica do magma dentinário (McComb; Smith, 1975; Cameron, 1995; Paqué et al., 2012b).

Outros trabalhos que utilizaram a mesma metodologia de avaliação encontraram resultados com valores entre 3,8% e 11,35% (Paqué et al., 2011; Paqué et al., 2012b; Robinson et al., 2012; De Deus et al., 2014). No estudo de Robinson et al. 2013, no entanto, 19,5% de debris foram acumulados em canais preparados com instrumento único reciprocante, sendo estatisticamente superior ao grupo rotatório, que produziu 10,6% de debris. Todavia, eles não utilizaram nenhum agente quelante durante a irrigação final.

Por outro lado, Paqué et al. (2012a) ao avaliarem um sistema de instrumentação que agrega irrigação simultânea por meio de um dispositivo acoplado no corpo do instrumento, a SAF, obtiveram um volume menor de debris (1,7%). Paqué et al. (2011) conseguiram uma redução em torno de 50% após ativação com irrigação ultrassônica passiva, concordando com o presente estudo onde a utilização da IUP ou EndoVac reduziu o volume de debris em 55,55% e 53,65%, respectivamente.

De fato, trabalhos utilizando diferentes metodologias concordam que apesar de nenhuma técnica remover completamente os debris acumulados durante a instrumentação, os métodos que envolvem ativação da substância química apresentam melhores resultados na remoção de restos de tecido orgânico, inorgânico e microorganismos do canal radicular, comparadas com a irrigação convencional sem ativação (Cameron, 1995; Nielsen; Baumgartner, 2007; Gu et al., 2009; Siu; Baumgartner, 2010; Paragliola et al., 2010; Abarajithan et al., 2011;

Blank-Gonçalves et al., 2011; Howard et al., 2011; Al-Ali et al., 2012; Jiang et al., 2012; Munoz; Camacho-Cuadra, 2012).

O principal motivo é atribuído à limitação do alcance da substância química para além da ponta da agulha (Chow et al., 1983; Nielsen; Baumgartner, 2007; Boutsoukis et al., 2010), e ao efeito “vapor lock” (Tay et al., 2010). Em uma situação clínica onde a raiz está delimitada pelo tecido perirradicular, o canal se comporta como um sistema fechado causando este efeito, o qual impede o irrigante de alcançar efetivamente o comprimento de trabalho. Portanto, para ser clinicamente relevante, estudos que avaliam a irrigação devem simular um sistema fechado que previna a extrusão passiva de irrigantes. Esta foi a razão de cobrir-se as raízes dos dentes com silicona de condensação no presente estudo, assim como Susin et al. (2010) e Tay et al. (2010).

Diversos são os métodos existentes para ativação da substância química, e o resultado final está na dependência de uma série de fatores, tais como: renovação regular e volume do irrigante (Van Der Sluis et al., 2006), diâmetro e conicidade dos dispositivos utilizados (Martin; Cunningham, 1985; Ahmad et al., 1987; Caron et al., 2010), o refluxo de irrigantes gerando força hidrodinâmica (Abarajithan et al., 2011; Jiang et al., 2012). Também, o uso de uma lima patência durante o preparo do canal parece melhorar o alcance das substâncias químicas até o terço apical (Ahmad et al., 1987; Vera et al., 2011).

A presente investigação comparou a remoção de debris por meio da irrigação ultrassônica passiva e do Sistema EndoVac. A IUP baseia-se na transmissão de energia acústica para a solução dentro do canal radicular, através de ondas ultrassônicas, a partir de uma lima ou ponta lisa não cortante, facilitando o alcance das substâncias químicas às áreas do canal de difícil acesso (Ahmad et al., 1987; Van der Sluis et al., 2005, 2006, 2007b).

A irrigação com pressão apical negativa, representada pelo sistema Endovac, é composta pela combinação entre uma macro e microcânula ligadas a um dispositivo de sucção, onde o irrigante é introduzido na câmara pulpar e posteriormente removido por pressão negativa. Assim, consegue-se circulação de irrigantes mais apicalmente com menor risco de sua extrusão (Nielsen; Baumgartner, 2007; Abarajithan et al., 2011; Mitchell; Baumgartner, 2011; Malentacca et al., 2012).

No estudo *in vivo* de Siu e Baumgartner (2010) o EndoVac foi melhor que a irrigação com agulha na redução de debris a 1 mm do CRT de canais retos. Abarajithan et al. (2011) também relatam que o EndoVac foi mais eficiente na remoção do magma dentinário em comparação com a irrigação convencional no terço apical de dentes unirradiculares extraídos. Para Mancini et al. (2013) o EndoVac foi superior à IUP na remoção de magma em todos os níveis do canal radicular estudados.

Segundo Paragliola et al. (2010), a IUP foi mais efetiva na limpeza de canais retos a 1 mm do ápice radicular, comparada com outros métodos de ativação. Já Saber e Hashem (2011) avaliando também canais retos, não encontraram diferença entre irrigação convencional e IUP, enquanto que o EndoVac obteve os menores escores de magma dentinário. Susin et al. (2010) encontraram mais dificuldade na remoção de debris em canais curvos com istmos estreitos do que nas paredes do canal principal. Em torno de 30% dos istmos apresentara-se obliterados mesmo com o uso do EndoVac. E Jiang et al. (2012), ao utilizarem simultaneamente ativação ultrassônica com irrigação contínua do irrigante, conseguiram resultados melhores na remoção de debris com este sistema do que com o sistema EndoVac.

O EndoVac parece ter atuação limitada nas áreas retentivas do terço apical, representadas por canais laterais (Nielsen; Baumgartner, 2007; Malentacca et al., 2012). De Gregório et al. (2010) demonstraram que o grupo do EndoVac foi superior no alcance do comprimento de trabalho, enquanto que a IUP mostrou-se mais efetiva na penetração de canais laterais.

Um protocolo que envolva esses dois sistemas pode ser vantajoso, pois aliaria maior penetração dos irrigantes do comprimento de trabalho e também nos canais laterais, gerando um fluxo constante de substâncias químicas renovadas (Spoorthy et al., 2013). Munoz e Camacho-Cuadra (2012) realizaram um estudo *in vivo* em molares inferiores, onde IUP e EndoVac foram os mais efetivos na penetração de irrigantes até o comprimento de trabalho.

Outros estudos não registraram diferença entre os métodos de agitação da substância química na redução de debris dentinários (Rödig et al., 2010; Liang et al., 2013). Liang et al. (2013) investigaram o sucesso do tratamento endodôntico *in vivo*, obtendo como parâmetro a reparação de lesões periapicais em dentes

unirradiculares. O uso de irrigação convencional ou IUP não exerceram influência nos resultados.

É consenso entre os autores que a não remoção do magma dentinário pode trazer consequências ao tratamento endodôntico. O acúmulo de debris dentinários possivelmente impede o fluxo de irrigantes (Saleh et al., 2008), neutraliza a eficiência de medicamentos (Violich; Chandler, 2010), interfere no preenchimento do canal radicular (De-Deus et al., 2008, Metzger et al., 2010) e mantém a sobrevivência microbiana dentro da complexa anatomia do canal radicular (Siqueira Jr et al., 2013).

Apesar de todos esses achados, não existe estudo clínico que correlacione a eficácia dos dispositivos de agitação das substâncias químicas com maiores taxas de sucesso do tratamento endodôntico (Gu et al., 2009; Violich; Chandler, 2010; De Deus et al., 2011, Liang et al., 2013).

Pesquisas também vem sendo conduzidas com o intuito de avaliar a influência dos procedimentos de irrigação na qualidade das obturações (Goldberg et al., 1986; Gençoğlu et al., 1993; Kouvas et al., 1998; Kokkas et al., 2004; Van der Sluis 2007a; Endal et al., 2011; Kanter et al., 2011; Kara; Tuncer, 2012; Bolles et al., 2013).

Mais canais laterais obturados foram visualizados radiograficamente após tratamento com EDTA 15% (Goldberg et al., 1986). No entanto, Endal et al. (2011) utilizando a micro-CT mostraram que mesmo copiosa irrigação com NaOCl e EDTA não foi capaz de prevenir ou remover o acúmulo de debris nos istmos, o que impediu sua completa obturação.

Extensões de canais com formato oval, que não foram preparadas pelo instrumento, apresentaram-se preenchidas com debris de dentina e com falhas na obturação (Wu; Wesselink, 2001; De Deus et al., 2008, 2012; Moeller et al., 2013).

Em canais retos, um maior número de canais laterais foi obturado após irrigação com EndoActivator (Kanter et al., 2011), enquanto a irrigação ultrassônica passiva reduziu a presença de espaços vazios em meio ao material obturador (Kara; Tuncer, 2012). Irrigação simultânea durante o preparo possibilitou um melhor resultado para o sistema SAF em relação à porcentagem de guta-percha (De Deus et al., 2012). Van der Sluis et al. (2007a) também identificaram que obturações após IUP obtiveram menor infiltração de glicose, o que indicaria um melhor selamento.

A penetração de cimento é um parâmetro utilizado como indicador para a remoção do magma dentinário (Kouvas et al., 1998; Kokkas et al., 2004; Kara; Tuncer, 2012). Guimarães et al. (2014) encontraram maior penetração de cimento nos túbulos e menor presença de espaços quando realizaram a ativação ultrassônica diretamente no cimento. Entretanto, Bolles et al. (2013) obtiveram resultados semelhantes com a irrigação convencional e a ativação sônica, mostrando que o material obturador pode penetrar mesmo no canal radicular sujo ou com restos de material orgânico e inorgânico. Esta fato foi comprovado no presente estudo, pois algumas regiões do canal radicular foram preenchidas por material obturador, mesmo onde ainda havia presença de debris dentinários.

Assume-se dizer também que quanto maior a quantidade de guta-percha em relação ao cimento, melhor a qualidade da obturação. Assim, um outro critério para avaliar a qualidade da obturação é a porcentagem de guta-percha encontrada (Wu; Wesselink, 2001; De Deus et al., 2008; Marciano et al., 2011; De Deus et al., 2012; Schäfer et al., 2012; Naseri et al., 2013; Keleş et al., 2014). Os resultados destes trabalhos variam entre 66–99%.

A porcentagem de material obturador (guta-percha e cimento) obtida no presente estudo foi estatisticamente igual nos dois grupos: 96,08% no grupo 1 e 93,93% no grupo 2. Para ambos, foi utilizado o cimento AH plus, a base de resina epóxica, por apresentar alta adesão à dentina e à guta-percha (Kara; Tuncer, 2012).

Na tentativa de avaliar se um canal foi tridimensionalmente obturado, tem-se o método da diafanização, que torna os dentes transparentes. Entretanto, esta metodologia somente é válida para avaliações qualitativas. Barbosa et al. (2009), através de observação visual, concluíram que 90% dos dentes tiveram preenchimento de canais acessórios e 56.25% de istmos. Kanter et al. (2011) também avaliaram visualmente a presença de canais laterais aplicando uma tabela baseada em escores. No entanto não foi possível quantificar os achados destes estudos.

A micro-CT como método de pesquisa para obturação foi validada por Jung et al. (2005), quando encontraram alta correlação entre imagens microtomográficas e cortes histológicos dos mesmos canais obturados. Em seguida, Hammad et al. (2009) analisaram o volume dos espaços vazios e as lacunas presentes nas obturações com diferentes materiais, Somma et al. (2011) compararam técnicas

termoplásticas de obturação com a técnica do cone único, e Metzger et al. (2010) constataram que 45% das paredes de dos canais preparados com instrumentos rotatórios não foram tocadas pelo material obturador.

Com a possibilidade de mensuração de espaços em 3D, passaram a ser frequentes avaliações das obturações com base no volume de espaços vazios do canal radicular (Mirfendereski et al., 2009; Gandolfi et al., 2013; Moeller et al., 2013; Wolf et al., 2014). Espaços dentro do material obturador, o chamado espaço interno, pode ser considerado de menor relevância clínica, porque bactérias, se presentes, estariam confinadas em um ambiente desfavorável ao seu crescimento. Espaços ao longo das paredes do canal são considerados mais problemáticos, pois podem manter contato direto com dentina contaminada (Somma et al., 2011).

Em estudos anteriores a porcentagem de espaços analisados tridimensionalmente em canais obturados com a técnica de condensação lateral foi 4,10% e 4,28% (Hammad et al., 2009), enquanto que para a onda contínua de condensação foi 0,82% (Somma et al., 2011). Mirfendereski et al. (2009) apresentou espaços em obturações termoplásticas na ordem de $0,06 \text{ mm}^3$, sendo maiores no terço médio do canal. Apesar das diferenças na seleção da amostra e nos parâmetros de escaneamento, esses resultados estão de acordo com o presente estudo em que a porcentagem de espaços foi 3,91% para o grupo da IUP e 6,06% no grupo 2.

A escolha de valores de segmentação pode influenciar a imagem final dos objetos de interesse, quando não existem grandes diferenças nas características de atenuação dos mesmos (Peters et al., 2000; Zaslansky et al., 2011). Mesmo assim, trabalhos tem demonstrado que a identificação de objetos similares, como os diferentes tecidos dentais, tecidos calcificados e materiais obturadores é possível (Hammad et al., 2009; Paqué et al., 2009).

Estudos anteriores com micro-CT também reportaram dificuldade em distinguir debris dentinários e a dentina radicular, devido à radiopacidade similar (Paqué et al., 2009; Robinson et al., 2012; De Deus et al., 2014). Acreditamos que essa dificuldade existe, mas pode ser superada seguindo todos os passos que envolvem a análise de imagens microtomográficas, de maneira criteriosa.

Concordamos que o material obturador é facilmente diferenciado das paredes do canal, e mesmo a guta-percha e o cimento são visualmente

distinguíveis. Entretanto, ao analisar materiais radiopacos, efeitos de *beam-hardening*, ou endurecimento de feixe, os mesmos da CT convencional, devem ser levados em consideração. Estes artefatos podem causar distorções nas imagens reconstruídas, como o aumento dos limites de um objeto. Portanto, durante a reconstrução das imagens, uma correção desses efeitos é necessária, especialmente quando são analisados materiais obturadores (Jung et al., 2005; Zaslansky et al., 2011).

Justifica-se então o fato de muitos estudos analisarem cimento, carreador e guta-percha como um único material (Mirfendereski et al., 2009; Wolf et al., 2014). Somma et al. (2011) descrevem uma maior quantidade de cimento no grupo do cone único, porém esse dado foi obtido por análise visual da distribuição de cimento, sem quantificação. Apesar disso, Jung et al. (2005) validaram o método apresentando total segmentação do cimento e da guta-percha.

No nosso estudo, a técnica utilizada foi a termoplástica por ondas contínuas de condensação, em que maior homogeneização da massa de guta-percha com o cimento e com as paredes do canal é esperada (Gençoğlu et al., 1993; De Deus et al., 2008; Marciano et al., 2011; Naseri et al., 2013; Keleş et al., 2014). Portanto, as interfaces dos materiais não foram submetidas ao processo de segmentação.

Métodos utilizando equipamentos de última geração em microscopia óptica (Wu; Wesselink, 2001; De Deus et al., 2008; Susin et al., 2010; Tay et al., 2010; Kanter et al., 2011; De Deus et al., 2012), eletrônica (Kokkas et al., 2004; Abarajithan et al., 2011; Rödig et al., 2010; Blank-Gonçalves et al., 2011; Saber; Hashem, 2011; Al-Ali et al., 2012; Mancini et al., 2013), ou confocal (Paragliola et al., 2010; Marciano et al., 2011; Kara; Tuncer, 2012; Bolles et al., 2013; Guimarães et al., 2014), ainda que com validade indiscutível, possibilitam apenas a visualização de partes da superfície de uma amostra ou de cortes selecionados, não fornecendo portanto informações a cerca do volume.

Ainda, os procedimentos de secção dos espécimes podem resultar em deposição de magma (Mannocci et al., 2005), ou mudanças no material obturador (Schäfer et al., 2012), levando a interpretações errôneas (De Deus et al., 2011; Freire et al., 2012). Também, acabam limitando a utilização de dentes multirradiculares, por serem mais difíceis de manipulação.

Essas diferenças metodológicas dificultam a comparação dos resultados. Avaliações tridimensionais por micro-CT indicam que nenhuma técnica é capaz de obturar completamente o espaço do canal radicular (Hammad et al., 2009; Gandolfi et al., 2013; Moeller et al., 2013; Naseri et al., 2013; Wolf et al., 2014; Keleş et al., 2014), nem remover por completo restos de tecido duro acumulados (Paqué et al., 2009; 2011; 2012a; 2012b; Robinson et al., 2012, 2013). Assim sendo, resultados advindos de métodos bidimensionais que avaliam apenas uma parte do canal devem ser interpretados com cautela.

A micro-CT, como todo método de pesquisa, possui algumas limitações, identificadas neste trabalho e também por outros pesquisadores. A primeira é a impossibilidade de visualização de tecidos não mineralizados, por se tratar de uma tecnologia baseada em emissão de raios-x. Especialmente para o estudo do magma dentinário, o ideal seria uma metodologia capaz de detectar também a matéria orgânica.

Ainda, a definição das estruturas a serem estudadas está na dependência da resolução do aparelho. Portanto, deve-se fazer um estudo prévio, para determinar se um dado microtomógrafo irá suprir as necessidades da pesquisa. No presente trabalho algumas regiões de istmo muito estreitas, apesar de visualizadas nos cortes axiais, não puderam ser submetidas à análise e reconstrução 3D. Vale salientar que quanto melhor a resolução, mais tempo será necessário para a aquisição das imagens, reconstrução e análise das imagens, o que pode inviabilizar o estudo.

Pode-se citar também a necessidade de utilização de softwares de difícil entendimento e manipulação (Gao et al., 2009), podendo levar a alguns erros processuais que refletem sobre as medidas finais (De Deus et al., 2014). Ainda tem-se o alto custo, dado o valor do próprio microtomógrafo, dos pacotes de programas de computador e do treinamento; além de ser um processo trabalhoso, exigindo uma curva de aprendizado prolongada para obter os conhecimentos necessários.

Assim, a maioria dos estudos com micro-CT são realizados com amostras menores, fato este considerado aceitável pela contrapartida de o método possuir o elevada acurácia.

Neste estudo foram selecionados vinte e quatro raízes mesiais de molares inferiores humanos extraídos, por possuírem características anatômicas que

representam maior dificuldade clínica. Outros autores tiveram o mesmo cuidado (Rödiger et al., 2010; Susin et al., 2010; Caron et al., 2010; Blank-Gonçalves et al., 2011; Howard et al., 2011; Al-Ali et al., 2012; Bürklein et al., 2012; Schäfer et al., 2012; Munoz; Camacho-Cuadra, 2012).

Os espécimes foram divididos aleatoriamente em dois grupos de forma homogênea, conforme os valores dos ângulos de curvatura, que variou entre 25° e 35°, contemplando portanto canais com curvatura severa, de acordo com Schneider (1971). O comprimento de trabalho também foi padronizado em 17 mm. Para futuras pesquisas, a utilização da micro-CT para a escolha das amostras, baseando-se na anatomia interna, também pode melhor assegurar essa homogeneidade, como sugerem os autores Peters et al. (2001), Mannocci et al. (2005) e Siqueira Jr et al. (2013).

Durante a aquisição das imagens pré e pós-operatórias, a réplica negativa da estrutura coronária foi reproduzida pela inclusão de cada dente em material de moldagem de alta precisão, com a cavidade de acesso voltada para baixo, para possibilitar o melhor reposicionamento do espécime ao porta-amostra.

No entanto, mesmo utilizando dispositivos para o reposicionamento, imagens microtomográficas adquiridas em momentos distintos, muitas vezes diferem em suas posições e orientações relativas. Para que comparações sejam possíveis, é necessário um registro exato da última em relação à primeira. Então, especial atenção foi voltada para o processo de registro, que foi realizado neste trabalho com auxílio do programa DataViewer no modo *3D registration*. Determinou-se com ele, a transformação geométrica que alinhasse os dois volumes de imagens, de forma que características morfológicas de ambos fossem atribuídas à mesma localização espacial.

Todos os canais utilizados foram instrumentados com instrumentos Reciproc R25, que operam em modo recíprocante e são indicados para canais estreitos e curvos. Eles possuem ponta 25 e conicidade 0,08 nos últimos 3 mm, o que parece adequado para conseguir um fluxo hidrodinâmico dos irrigantes. Ainda, são produzidos cones de guta-percha próprios desse sistema, com a mesma conicidade do instrumento.

Pesquisas mostram resultados favoráveis para o uso de instrumentos únicos em movimento recíproco, salientando-se um menor tempo de trabalho (Bürklein et

al., 2012), aumento da resistência à fadiga cíclica (Gavini et al., 2012), capacidade de modelagem similar a uma sequência completa de instrumentos rotatórios (Siqueira Jr et al., 2013).

No entanto, a qualidade da limpeza conseguida com esses instrumentos é controversa. Bürklein et al. (2012) encontraram boa capacidade de limpeza em canais curvos. Por outro lado, Robinson et al. (2013) reportaram mais acúmulo de debris em comparação com uma sequência completa de instrumentos ProTaper.

Que os preparos estão sendo executados com maior rapidez, já é uma realidade clínica. Pesquisas buscam incessantemente maneiras de compensar o conseqüente menor tempo de contato/ação da solução irrigadora dentro do canal radicular.

Diversos aspectos éticos, econômicos e práticos limitam os estudos *in vivo*. Assim sendo, é de extrema importância que estudos *in vitro* sejam muito bem delineados para a avaliação longitudinal dos métodos de irrigação do canal.

A combinação da micro-CT com outras metodologias possa produzir correlações que representem o melhor caminho para avaliar a limpeza do canal e a qualidade das obturações.

7 CONCLUSÕES

A partir dos resultados obtidos neste estudo, a análise de canais mesiais de molares inferiores com a micro-CT, nos permitiu concluir que:

- Após o preparo químico-cirúrgico, há acúmulo de debris dentinários no sistema de canais radiculares;

- A micro-CT possibilitou a identificação e a quantificação dos debris dentinários produzidos após a instrumentação de canais mesiais de molares inferiores;

- A Irrigação ultrassônica passiva e o sistema EndoVac foram igualmente eficientes na remoção desses debris, ambos conseguindo uma redução em torno de 50%.

- A ativação dos irrigantes pela Irrigação Ultrassônica Passiva ou com o sistema EndoVac não interferiu na qualidade da obturação realizada através da técnica de ondas contínuas de condensação.

REFERÊNCIAS¹

Abarajithan M, Dham S, Velmurugan N, Valerian-Albuquerque D, Ballal S, Senthilkumar H. Comparison of Endovac irrigation system with conventional irrigation for removal of intracanal smear layer: an in vitro study. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2011;112(3):407-11.

Ahmad M, Pitt Ford TJ, Crum LA. Ultrasonic debridement of root canals: acoustic streaming and its possible role. *J Endod.* 1987;13(10):490-9.

Al-Ali M, Sathorn C, Parashos P. Root canal debridement efficacy of different final irrigation protocols. *Int Endod J.* 2012;45(10):898-906.

Barbosa FO, Gusman H, Pimenta de Araújo MC. A comparative study on the frequency, location, and direction of accessory canals filled with the hydraulic vertical condensation and continuous wave of condensation techniques. *J Endod.* 2009;35(3):397-400.

Blank-Gonçalves LM, Nabeshima CK, Martins GH, Machado ME. Qualitative analysis of the removal of the smear layer in the apical third of curved roots: conventional irrigation versus activation systems. *J Endod.* 2011;37(9):1268-71.

Bolles JA, He J, Svoboda KK, Schneiderman E, Glickman GN. Comparison of Vibringe, EndoActivator, and needle irrigation on sealer penetration in extracted human teeth. *J Endod.* 2013;39(5):708-11.

Boutsioukis C, Verhaagen B, Versluis M, Kastrinakis E, Wesselink PR, Van der Sluis LW. Evaluation of irrigant flow in the root canal using different needle types by an unsteady computational fluid dynamics model. *J Endod.* 2010;36(5):875-9.

Burklein S, Hinschitza K, Dammaschke T, Schäfer E. Shaping ability and cleaning effectiveness of two single-file systems in severely curved root canals of extracted teeth: Reciproc and WaveOne versus Mtwo and ProTaper. *Int Endod J.* 2012;45(5):449-61.

¹ De acordo com Estilo Vancouver.

Cameron JA. Factors affecting the clinical efficiency of ultrasonic endodontics: a scanning electron microscopy study. *Int Endod J*. 1995;28(1):47-53.

Caron G, Nhan K, Bronnec F, Machtou P. Effectiveness of different final irrigant activation protocols on smear layer removal in curved canals. *J Endod*. 2010;36(8):1361-6.

Chow TW. Mechanical effectiveness of root canal irrigation. *J Endod*. 1983;9(11):475-9.

De-Deus G, Marins J, Neves A, Reis C, Fidel S, Versiani MA, et al. Assessing Accumulated Hard-tissue Debris Using Micro-computed Tomography and Free Software for Image Processing and Analysis. *J Endod*. 2014;40(2):271-6.

De-Deus G, Barino B, Marins J, Magalhães K, Thuanne E, Kfir A. Self-adjusting file cleaning-shaping-irrigation system optimizes the filling of oval-shaped canals with thermoplasticized gutta-percha. *J Endod*. 2012;38(6):846–9.

De-Deus G, Reis C, Beznos D, de Abranches AM, Coutinho-Filho T, Paciornik S. Limited ability of three commonly used thermoplasticized gutta-percha techniques in filling oval-shaped canals. *J Endod*. 2008;34(11):1401-5.

De-Deus G, Reis C, Paciornik S. Critical appraisal of published smear layer-removal studies: methodological issues. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*. 2011;112(4):531-43.

De Gregório C, Estevez R, Cisneros R, Paranjpe A, Cohenca N. Efficacy of different irrigation and activation systems on the penetration of sodium hypochlorite into simulated lateral canals and up to working length: an in vitro study. *J Endod*. 2010;36(7):1216-21.

Dowker S, Davis G, Elliott J. X-ray microtomography—nondestructive three-dimensional imaging for in vitro endodontic studies. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*. 1997;83(4):510–6.

Endal U, Shen Y, Knut A, Gao Y, Haapasalo M. A High-resolution Computed Tomographic Study of Changes in Root Canal Isthmus Area by Instrumentation and Root Filling. *J Endod*. 2011;37(2):223-7.

Fan B, Pan Y, Gao Y, Fang F, Wu Q, Gutmann JL. Three-dimensional morphologic analysis of isthmuses in the mesial roots of mandibular molars. *J Endod.* 2010;36(11):1866-9.

Freire LG, Gavini G, Cunha RS, Santos Md. Assessing apical transportation in curved canals: comparison between cross-sections and micro-computed tomography. *Braz Oral Res.* 2012;26(3):222-7.

Gao Y, Peters OA, Wu H, Zhou X. An application framework of three-dimensional reconstruction and measurement for endodontic research. *J Endod.* 2009;35(2):269-74.

Gandolfi MG, Parrilli AP, Fini M, Prati C, Dummer PM. 3D micro-CT analysis of the interface voids associated with Thermafil root fillings used with AH Plus or a flowable MTA sealer. *Int Endod J.* 2013;46(3):253-63.

Gavini G, Caldeira CL, Akisue E, Candeiro GTM, Kawakami AS. Resistance to flexural fatigue of Reciproc R25 files under continuous rotation and reciprocating movement. *J Endod.* 2012;38(5):684-7.

Gençoğlu N, Samani S, Günday M. Dentinal wall adaptation of thermoplasticized gutta-percha in the absence or presence of smear layer: a scanning electron microscopic study. *J Endod.* 1993;19(11):558-62.

Goldberg F, Massone JE, Spielberg C. Effect of irrigation solutions on the filling of lateral root canals. *Endod Dent Traumatol.* 1986;2(2):65-6.

Gu L, Kim JR, Ling J, Choi KK, Pashey DH, Tay FR. Review of contemporary irrigant agitation techniques and devices. *J Endod.* 2009;35(6):791-804.

Guimarães BM, Amoroso-Silva PA, Alcalde MP, Marciano MA, de Andrade FB, Duarte MAH. Influence of Ultrasonic Activation of 4 Root Canal Sealers on the Filling Quality. *J Endod.* 2014;[Epub ahead of print]. In press.

Hammad M, Qualtrough A, Silikas N. Evaluation of root canal obturation: a three-dimensional in vitro study. *J Endod.* 2009;35(4):541-4.

Howard RK1, Kirkpatrick TC, Rutledge RE, Yaccino JM. Comparison of debris removal with three different irrigation techniques. *J Endod.* 2011;37(9):1301-5.

Jiang LM, Lak B, Eijsvogels LM, Wesselink P, van der Sluis LW. Comparison of the cleaning efficacy of different final irrigation techniques. *J Endod.* 2012;38(6):838-41.

Jung M, Lommel D, Klimek J. The imaging of root canal obturation using micro-CT. *Int Endod J.* 2005;38(9):617-26.

Kanter V, Weldon E, Nair U, Varella C, Kanter K, Anusavice K, et al. A quantitative and qualitative analysis of ultrasonic versus sonic endodontic systems on canal cleanliness and obturation. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2011;112(6):809-13.

Kara TA, Tuncer S. Effect of different final irrigation solutions on dentinal tubule penetration depth and percentage of root canal sealer. *J Endod.* 2012 Jun;38(6):860-3.

Keleş A, Alcin H, Kamalak A, Versiani MA. Micro-CT evaluation of root filling quality in oval-shaped canals. *Int Endod J.* 2014 Feb 15. doi: 10.1111/iej.12269.

Kokkas AB, Boutsoukias ACh, Vassiliadis LP, Stavrianos CK. The influence of the smear layer on dentinal tubule penetration depth by three different root canal sealers: an in vitro study. *J Endod.* 2004;30(2):100-2.

Kouvas V, Liolios E, Vassiliadis L, Parissis-Messimeris S, Boutsoukias A. Influence of smear layer on depth of penetration of three endodontic sealers: an SEM study. *Endod Dent Traumatol.* 1998;14(4):191-5.

Liang YH, Jiang LM, Jiang L, Chen XB, Liu YY, Tian FC, et al. Radiographic healing after a root canal treatment performed in single-rooted teeth with and without ultrasonic activation of the irrigant: a randomized controlled trial. *J Endod.* 2013;39(10):1218-25.

Malentacca A, Uccioli U, Zangari D, Lajolo C, Fabiani C. Efficacy and safety of various active irrigation devices when used with either positive or negative pressure: an in vitro study. *J Endod.* 2012;38(12):1622-6.

Mancini M, Cerroni L, Iorio L, Armellini E, Conte G, Cianconi L. Smear layer removal and canal cleanliness using different irrigation systems (EndoActivator, EndoVac, and passive ultrasonic irrigation): field emission scanning electron microscopic evaluation in an in vitro study. *J Endod.* 2013;39(11):1456-60.

Mannocci F, Peru M, Sherriff M, Cook R, Pitt Ford TR. The isthmuses of the mesial root of mandibular molars: a micro-computed tomographic study. *Int Endod J*. 2005;38(8):558-63.

Marciano MA, Ordinola-Zapata R, Cunha TV, Duarte MA, Cavenago BC, Garcia RB, et al. Analysis of four gutta-percha techniques used to fill mesial root canals of mandibular molars. *Int Endod J*. 2011;44(4):321-9.

Martin H, Cunningham W. Endosonics - The ultrasonic synergistic system of endodontics. *Endod Dent Traumatol*. 1985;1(6):201-6.

McComb D, Smith DC. A preliminary scanning electron microscopic study of root canals after endodontic procedures. *J Endod*. 1975;1(7):238-42.

Metzger Z, Zary R, Cohen R, Teperovich E, Paqué F. The quality of root canal preparation and root canal obturation in canals treated with rotary versus self-adjusting files: a three-dimensional micro-computed tomographic study. *J Endod*. 2010;36(9):1569-73.

Mirfendereski M, Roth K, Fan B, Dubrowski A, Carnahan H, Azarpazhooh A, et al. Technique acquisition in the use of two thermoplasticized root filling methods by inexperienced dental students: a microcomputed tomography analysis. *J Endod*. 2009;35(11):1512-7.

Mitchell RP, Baumgartner JC, Sedgley CM. Apical extrusion of sodium hypochlorite using different root canal irrigation systems. *J Endod*. 2011;37(12):1677-81.

Moeller L, Wenzel A, Wegge-Larsen AM, Ding M, Kirkevang LL. Quality of root fillings performed with two root filling techniques. An in vitro study using micro-CT. *Acta Odontol Scand*. 2013;71(3-4):689-96.

Munoz HR, Camacho-Cuadra K. In vivo efficacy of three different endodontic irrigation systems for irrigant delivery to working length of mesial canals of mandibular molars. *J Endod*. 2012;38(4):445-8.

Naseri M, Kangarlou A, Khavid A, Goodini M. Evaluation of the quality of four root canal obturation techniques using micro-computed tomography. *Iran Endod J*. 2013;8(3):89-93.

Nielsen BA, Baumgartner JC. Comparison of the EndoVac system to needle irrigation of root canals. *J Endod.* 2007;33(5):611-5.

Nielsen RB, Alyassin AM, Peters DD, Carnes DL, Lancaster J. Microcomputed tomography: an advanced system for detailed endodontic research. *J Endod.* 1995; 21(11):561-8.

Paqué F, Al-Jadaa A, Kfir A. Hard-tissue debris accumulation created by conventional rotary versus self-adjusting file instrumentation in mesial root canal systems of mandibular molars. *Int Endod J.* 2012a;45(5):413-8.

Paqué F, Boessler C, Zehnder M. Accumulated hard tissue debris levels in mesial roots of mandibular molars after sequential irrigation steps. *Int Endod J.* 2011;44(2):148-53.

Paqué F, Laib A, Gautschi H, Zehnder M. Hard-tissue debris accumulation analysis by high-resolution computed tomography scans. *J Endod.* 2009;35(7):1044-7.

Paqué F, Rechenberg DK, Zehnder M. Reduction of hard-tissue debris accumulation during rotary root canal instrumentation by etidronic acid in a sodium hypochlorite irrigant. *J Endod.* 2012b;38(5):692-5

Paragliola R, Franco V, Fabiani C, Mazzone A, Nato F, Tay FR, et al. Final Rinse Optimization: Influence of Different Agitation Protocols. *J Endod.* 2010;36(2):282-5.

Peters OA, Laib A, Rügsegger P, Barbakow F. Three-dimensional analysis of root canal geometry by high resolution computed tomography. *J Dent Res.* 2000;79(6):1405-9.

Peters OA, Schönenberger K, Laib A. Effects of four Ni-Ti preparation techniques on root canal geometry assessed by micro computed tomography. *Int Endod J.* 2001;34(3):221-30.

Robinson JP, Lumley PJ, Claridge E, Cooper PR, Grover LM, Williams RL, et al. An analytical Micro CT methodology for quantifying inorganic dentine debris following internal tooth preparation. *J Dent.* 2012;40(11):999-1005.

Robinson JP, Lumley PJ, Cooper PR, Grover LM, Walmsley AD. Reciprocating root canal technique induces greater debris accumulation than a continuous rotary

technique as assessed by 3-dimensional micro-computed tomography. *J Endod.* 2013;39(8):1067-70.

Rodig T, Döllmann S, Konietschke F, Drebenstedt S, Hülsmann. Effectiveness of different irrigant agitation techniques on debris and smear layer removal in curved root canals: a scanning electron microscopy study. *J Endod.* 2010;36(12):1983-7.

Saber Sel-D, Hashem AA. Efficacy of different final irrigation activation techniques on smear layer removal. *J Endod.* 2011;37(9):1272-5.

Saleh IM, Ruyter IE, Haapasalo M, Ørstavik D. Bacterial penetration along different root canal filling materials in the presence or absence of smear layer. *Int Endod J.* 2008;41(1):32-40.

Schäfer E, Nelius B, Bürklein S. A comparative evaluation of gutta-percha filled areas in curved root canals obturated with different techniques. *Clin Oral Investig.* 2012;16(1):225-30.

Schneider SW. A comparison of canal preparations in straight and curved root canals. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 1971;2(32):273-5.

Siu C, Baumgartner JC. Comparison of the debridement efficacy of the EndoVac irrigation system and conventional needle root canal irrigation in vivo. *J Endod.* 2010;36(11):1782-5.

Siqueira JF Jr, Alves FR, Versiani MA, Rôças IN, Almeida BM, Neves MA, Sousa-Neto MD. Correlative bacteriologic and micro-computed tomographic analysis of mandibular molar mesial canals prepared by self-adjusting file, reciproc, and twisted file systems. *J Endod.* 2013;39(8):1044-50.

Somma F, Cretella G, Carotenuto M, Pecci R, Bedini R, De Biasi M, Angerame D. Quality of thermoplasticized and single point root fillings assessed by micro-computed tomography. *Int Endod J.* 2011;44(4):362-9.

Spoorthy E, Velmurugan N, Ballal S, Nandini S. Comparison of irrigant penetration up to working length and into simulated lateral canals using various irrigating techniques. *Int Endod J.* 2013;46(9):815-22.

Susin L, Liu Y, Yoon JC, Parente JM, Loushine RJ, Ricucci D, et al. Canal and isthmus debridement efficacies of two irrigant agitation techniques in a closed system. *Int Endod J*. 2010;43(12):1077-90.

Tachibana H, Matsumoto K. Applicability of X-ray computerized tomography in endodontics. *Endod Dent Traumatol*. 1990;6(1):16-20.

Tay FR, Gu L, Schoeffel GJ, Wimmer C, Susin L, Zang K, et al. Effect of vapor lock on root canal debridement by using a side-vented needle for positive-pressure irrigant delivery. *J Endod*. 2010;39(4):745-50.

Van der Sluis LW, Gambarini G, Wu MK, Wesselink PR. The influence of volume, type of irrigant and flushing method on removing artificially placed dentine debris from the apical root canal during passive ultrasonic irrigation. *Int Endod J*. 2006;39(6):472-6.

Van der Sluis LW, Shemesh H, Wu MK, Wesselink PR. An evaluation of the influence of passive ultrasonic irrigation on the seal of root canal fillings. *Int Endod J*. 2007a;40(5):356-61.

Van der Sluis LW, Versluis M, Wu MK, Wesselink PR. Passive ultrasonic irrigation of the root canal: a review of the literature. *Int Endod J*. 2007b;40(6):415-26.

Van der Sluis LW, Wu MK, Wesselink PR. A comparison between a smooth wire and a K-file in removing artificially placed dentine debris from root canals in resin blocks during ultrasonic irrigation. *Int Endod J*. 2005;38(9):593-6.

Vera J, Arias A, Romero M. Effect of maintaining apical patency on irrigant penetration into the apical third of root canals when using passive ultrasonic irrigation: an in vivo study. *J Endod*. 2011;37(9):1276-8.

Villas-Bôas MH, Bernardineli N, Cavenago BC, Marciano M, Del Carpio-Perochena A, de Moraes IG, et al. Micro-computed tomography study of the internal anatomy of mesial root canals of mandibular molars. *J Endod*. 2011;37(12):1682-6.

Violich DR, Chandler NP. The smear layer in endodontics - a review. *Int Endod J*. 2010;43(1):2-15.

Wiseman A, Cox TC, Paranjpe A, Flake NM, Cohenca N, Johnson JD. Efficacy of sonic and ultrasonic activation for removal of calcium hydroxide from mesial canals of mandibular molars: a microtomographic study. *J Endod*. 2011;37(2):235-8.

Wolf M, Küpper K, Reimann S, Bourauel C, Frentzen M. 3D analyses of interface voids in root canals filled with different sealer materials in combination with warm gutta-percha technique. *Clin Oral Investig*. 2014;18(1):155-61.

Wu MK, Wesselink PR. A primary observation on the preparation and obturation of oval canals. *Int Endod J*. 2001;34(2):137-41.

Zaslansky P, Fratzi P, Rack A, Wu MK, Wesselink PR, Shemesh H. Identification of root filling interfaces by microscopy and tomography methods. *Int Endod J*. 2011;44(5):395-401.

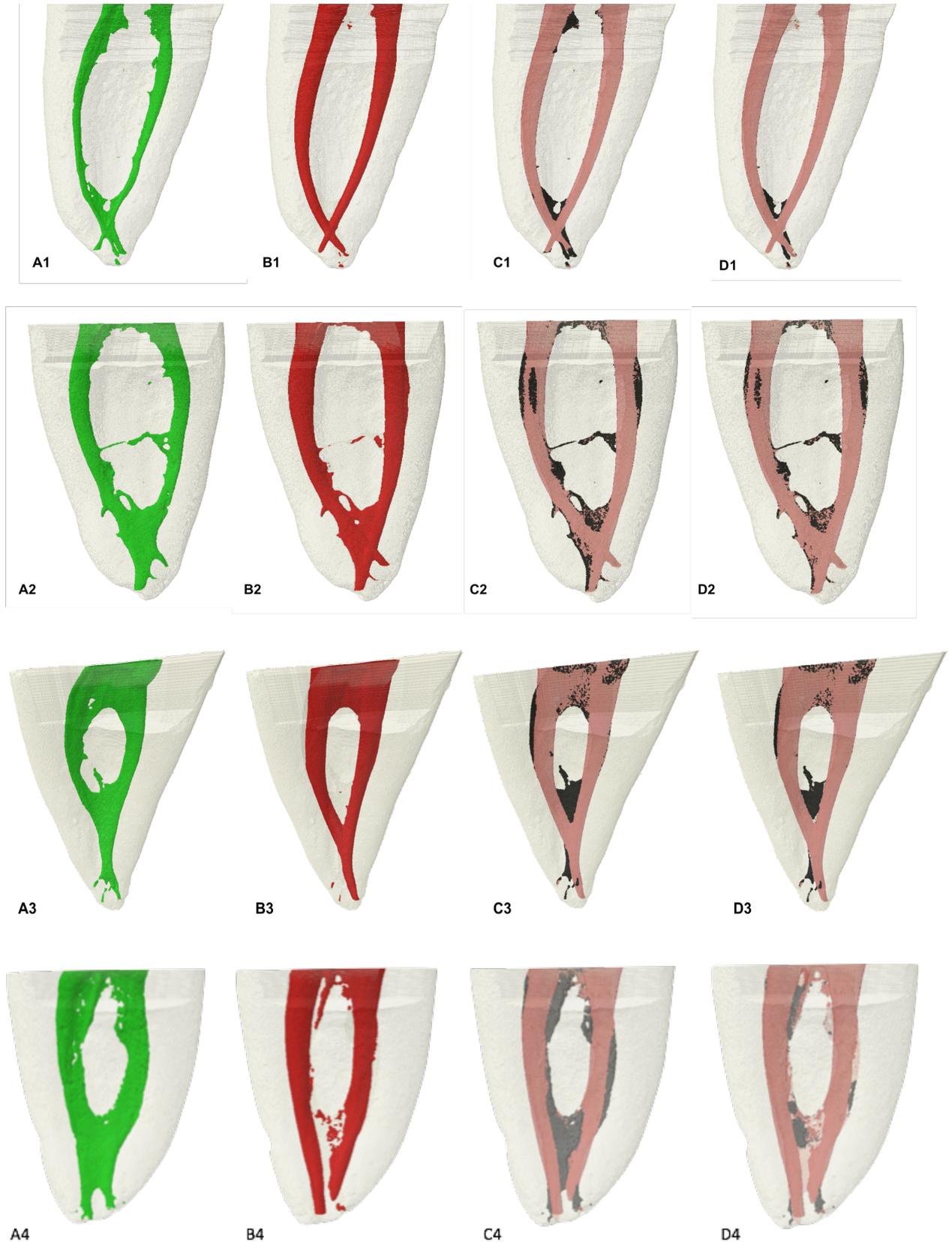
APÊNDICE A – Valores originais da porcentagem de debris dentinários remanescentes após o preparo químico-cirúrgico e após IUP como irrigação final, nos terços cervical, médio e apical, e em toda a extensão do canal, bem como a porcentagem de redução dos debris

IUP	Terços	Debris (%)		Redução debris (%)
		Após Preparo	Após Irrigação Final	
1	total	0,203	0,043	-78,748
	cervical	0,364	0,070	-80,830
	médio	0,000	0,000	-100,000
	apical	0,057	0,045	-21,053
2	total	3,513	0,233	-93,364
	cervical	2,317	0,179	-92,283
	médio	5,552	0,367	-93,393
	apical	2,807	0,060	-97,846
3	total	7,008	1,709	-75,614
	cervical	3,588	0,626	-82,560
	médio	10,036	3,031	-69,805
	apical	13,646	3,457	-74,662
4	total	2,081	0,389	-81,323
	cervical	0,917	0,323	-64,721
	médio	4,249	0,416	-90,211
	apical	1,097	0,647	-41,008
5	total	1,167	0,430	-63,189
	cervical	0,701	0,007	-99,009
	médio	0,018	0,008	-52,874
	apical	6,433	3,622	-43,691
6	total	2,394	1,440	-39,870
	cervical	1,755	1,008	-42,555
	médio	2,349	1,317	-43,914
	apical	4,226	2,861	-32,293
7	total	1,972	1,175	-40,442
	cervical	1,888	0,007	-99,645
	médio	5,389	3,511	-34,838
	apical	0,699	0,111	-84,101
8	total	1,212	0,687	-43,303
	cervical	0,908	0,394	-56,641
	médio	1,448	0,786	-45,749
	apical	1,854	1,538	-17,047
9	total	3,769	2,610	-30,746
	cervical	0,949	0,657	-30,798
	médio	6,166	4,633	-24,858
	apical	11,281	6,867	-39,131
10	total	3,943	2,346	-40,517
	cervical	0,993	0,370	-62,775
	médio	6,432	4,973	-22,691
	apical	7,967	3,261	-59,067
11	total	0,231	0,163	-29,172
	cervical	0,092	0,059	-36,018
	médio	0,508	0,390	-23,141
	apical	0,180	0,078	-56,777
12	total	5,037	2,504	-50,285
	cervical	2,506	1,609	-35,778
	médio	8,699	4,634	-46,727
	apical	5,574	0,681	-87,789

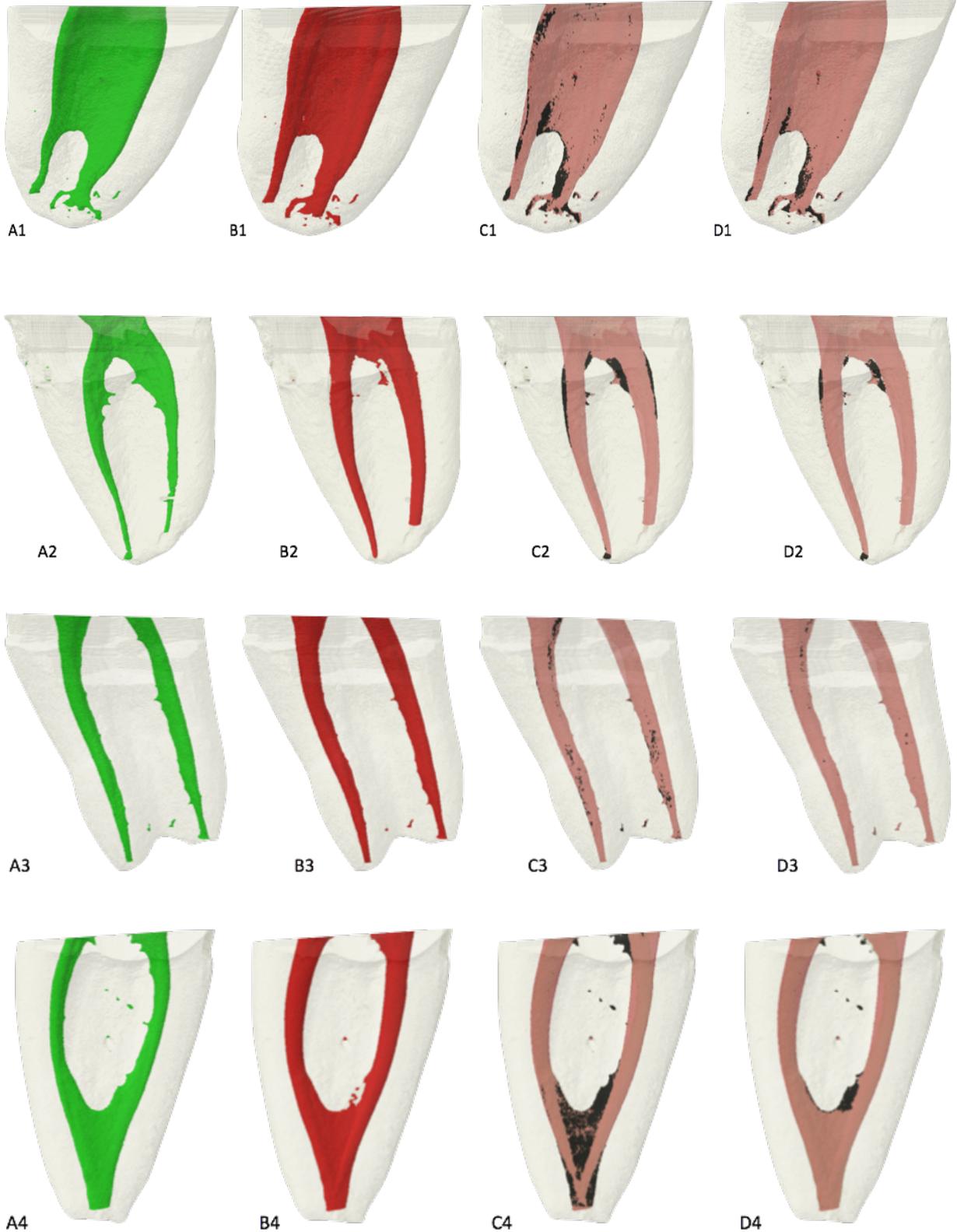
APÊNDICE B – Valores originais da porcentagem de debris dentinários remanescentes após o preparo químico-cirúrgico e após irrigação final com EndoVac, nos terços cervical, médio e apical, e em toda a extensão do canal, bem como a porcentagem de redução dos debris

ENDOVAC	Terços	Debris (%)		Redução debris (%)
		Após Preparo	Após Irrigação Final	
13	total	8,403	2,263	-73,073
	cervical	0,457	0,212	-53,663
	médio	1,040	0,243	-76,611
	apical	2,413	0,254	-89,459
14	total	4,007	2,261	-43,573
	cervical	3,328	1,713	-48,537
	médio	4,589	3,084	-32,801
	apical	5,717	2,634	-53,924
15	total	1,426	0,819	-42,555
	cervical	1,291	0,496	-61,593
	médio	1,685	1,319	-21,721
	apical	1,017	0,699	-31,203
16	total	1,635	0,756	-53,758
	cervical	0,622	0,054	-91,330
	médio	2,143	0,886	-58,655
	apical	4,883	3,664	-24,955
17	total	0,145	0,076	-47,742
	cervical	0,214	0,118	-44,698
	médio	0,000	0,000	0,000
	apical	0,136	0,047	-65,283
18	total	16,399	11,855	-27,707
	cervical	13,056	8,035	-38,458
	médio	18,718	14,441	-22,847
	apical	23,068	19,616	-14,964
19	total	2,009	0,552	-72,527
	cervical	0,648	0,182	-71,878
	médio	2,751	1,373	-50,085
	apical	4,100	0,246	-94,004
20	total	1,741	0,739	-57,549
	cervical	2,103	0,973	-53,714
	médio	1,209	0,271	-77,592
	apical	0,983	0,623	-36,596
21	total	2,537	0,362	-85,746
	cervical	1,683	0,141	-91,619
	médio	2,082	0,185	-91,132
	apical	9,757	2,423	-75,169
22	total	1,990	1,278	-35,784
	cervical	2,063	1,192	-42,213
	médio	0,318	0,244	-23,316
	apical	5,650	4,052	-28,274
23	total	3,709	1,146	-69,104
	cervical	0,018	0,005	-73,256
	médio	9,949	0,456	-95,413
	apical	2,301	1,381	-39,985
24	total	5,276	3,446	-34,685
	cervical	4,371	2,250	-48,533
	médio	8,689	6,854	-21,120
	apical	1,249	0,491	-60,707

APÊNDICE C – Modelos 3D representativos do grupo IUP – A: Canal radicular antes do preparo (verde); B: Canal radicular após o preparo (vermelho); C: Debris produzidos após o preparo do canal (preto), sobrepostos à anatomia final do canal radicular (vermelho); D: Debris remanescentes após irrigação final com IUP (preto), sobrepostos à anatomia final do canal radicular (vermelho)



APÊNDICE D – Modelos 3D representativos do grupo EndoVac – A: Canal radicular antes do preparo (verde); B: Canal radicular após o preparo (vermelho); C: Debris produzidos após o preparo do canal (preto), sobrepostos à anatomia final do canal radicular (vermelho); D: Debris remanescentes após irrigação final com EndoVac (preto), sobrepostos à anatomia final do canal radicular (vermelho)



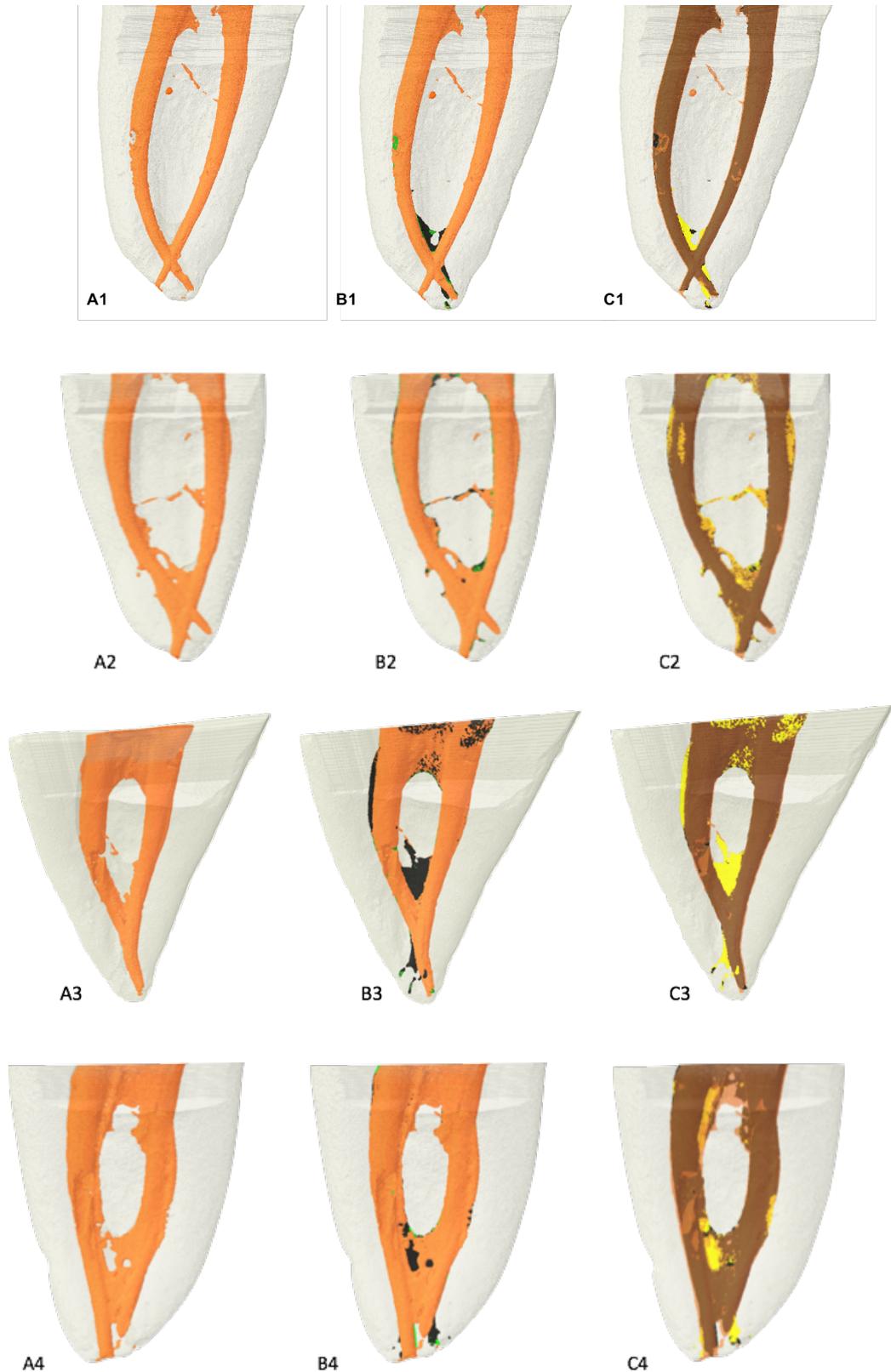
APÊNDICE E – Valores originais da porcentagem de material obturador (guta-percha e cimento) e de espaços vazios nos terços cervical, médio e apical, e em toda a extensão do canal, para o grupo IUP

IUP	Terços	Material obturador (%)	Espaços vazios/debris (%)
1	total	97,109	2,891
	cervical	97,664	2,336
	médio	94,453	5,547
	apical	93,420	6,580
2	total	90,772	9,228
	cervical	90,593	9,407
	médio	91,250	8,750
	apical	89,972	10,028
3	total	97,224	2,776
	cervical	99,953	0,047
	médio	87,508	12,492
	apical	99,190	0,810
4	total	99,319	0,681
	cervical	99,316	0,684
	médio	97,718	2,282
	apical	99,501	0,499
5	total	97,298	2,702
	cervical	99,201	0,799
	médio	94,332	5,668
	apical	96,011	3,989
6	total	97,301	2,699
	cervical	95,453	4,547
	médio	96,529	3,471
	apical	99,144	0,856
7	total	97,216	2,784
	cervical	99,150	0,850
	médio	96,553	3,447
	apical	93,037	6,963
8	total	96,007	3,993
	cervical	99,445	0,555
	médio	89,909	10,091
	apical	95,429	4,571
9	total	98,655	1,345
	cervical	99,527	0,473
	médio	91,300	8,700
	apical	99,329	0,671
10	total	95,257	4,743
	cervical	98,354	1,646
	médio	93,140	6,860
	apical	90,106	9,894
11	total	92,458	7,542
	cervical	95,896	4,104
	médio	94,456	5,544
	apical	90,011	9,989
12	total	94,400	5,600
	cervical	91,203	8,797
	médio	92,497	7,503
	apical	95,659	4,341

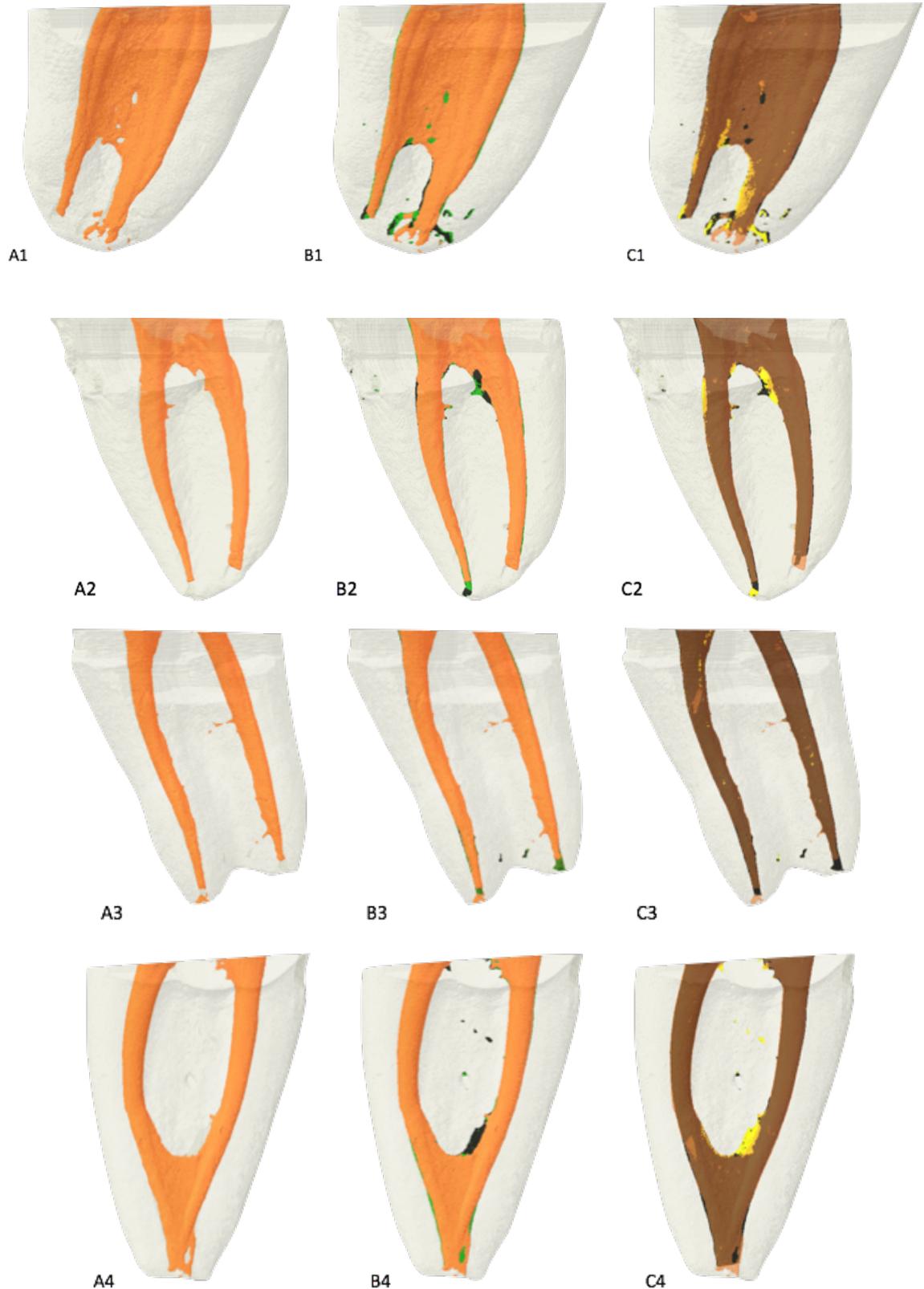
APÊNDICE F – Valores originais da porcentagem de material obturador (guta-percha e cimento) e de espaços vazios nos terços cervical, médio e apical, e em toda a extensão do canal, para o grupo EndoVac

EndoVac	Terços	Material obturador (%)	Espaços vazios/ debris (%)
13	total	96,380	3,620
	cervical	93,617	6,383
	médio	96,255	3,745
	apical	88,285	11,715
14	total	99,328	0,672
	cervical	99,514	0,486
	médio	97,564	2,436
	apical	97,869	2,131
15	total	91,735	8,265
	cervical	93,652	6,348
	médio	87,521	12,479
	apical	95,411	4,589
16	total	88,821	11,179
	cervical	91,324	8,676
	médio	89,436	10,564
	apical	75,345	24,655
17	total	96,643	3,357
	cervical	96,239	3,761
	médio	87,594	12,406
	apical	99,701	0,299
18	total	84,284	15,716
	cervical	89,176	10,824
	médio	79,208	20,792
	apical	78,741	21,259
19	total	96,973	3,027
	cervical	97,549	2,451
	médio	95,420	4,580
	apical	98,330	1,670
20	total	93,969	6,031
	cervical	91,546	8,454
	médio	98,348	1,652
	apical	96,607	3,393
21	total	95,822	4,178
	cervical	96,663	3,337
	médio	93,833	6,167
	apical	96,705	3,295
22	total	97,258	2,742
	cervical	92,891	7,109
	médio	98,729	1,271
	apical	97,621	2,379
23	total	93,457	6,543
	cervical	99,706	0,294
	médio	87,779	12,221
	apical	79,122	20,878
24	total	92,585	7,415
	cervical	92,168	7,832
	médio	90,986	9,014
	apical	97,690	2,310

APÊNDICE G – Modelos 3D representativos da obturação no grupo IUP - A: Espaço do canal radicular ocupado por material obturador (laranja); B: Material obturador (laranja), sobreposto à anatomia final do preparo (verde) e aos debris remanescentes (preto); C: Mesma imagem de B onde reduziu-se a opacidade do material obturador (marrom) para observação dos espaços vazios internos (laranja). As áreas em preto representam os espaços não obturados e as áreas em amarelo representam os debris remanescentes



APÊNDICE H – Modelos 3D representativos da obturação no grupo EndoVac - A: Espaço do canal radicular ocupado por material obturador (laranja); B: Material obturador (laranja), sobreposto à anatomia final do preparo (verde) e aos debris remanescentes (preto); C: Mesma imagem de B onde reduziu-se a opacidade do material obturador (marrom) para observação dos espaços vazios internos (laranja). As áreas em preto representam os espaços não obturados e as áreas em amarelo representam os debris remanescentes



ANEXO A – Parecer do Comitê de Ética em Pesquisa

Plataforma Brasil - Ministério da Saúde

Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo**PROJETO DE PESQUISA**

Título: Avaliação da remoção de debris dentinários após diferentes métodos de irrigação final e sua influência na obturação do sistema de canais radiculares, utilizando a microtomografia computadorizada.

Pesquisador: Laila Gonzales Freire

Versão: 1

Instituição: Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo

CAAE: 01213112.2.0000.0075

PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

Número do Parecer: 15598

Data da Relatoria: 25/04/2012

Apresentação do Projeto:

Adequado

Objetivo da Pesquisa:

Uso de tomografoa para averiguar a remoção de debris do interior dos canais radiculares em dentes extraídos.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Sem risco pois não há seres humanos envolvidos

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

Adequada

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Não se aplica

Recomendações:

Nenhuma

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

O trabalho será feito em dentes extraídos, portanto não envolve riscos a sujeitos. Os dentes serão fornecidos pelo Banco de Dentes da FOU SP conforme carta do referido banco anexado. Desta forma não há necessidade de formulação do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido(TCLE), e segundo este parecerista não há implicações éticas que inviabilizem este projeto.
Projeto de pesquisa adequado para aprovação do CEP.
Tendo em vista a legislação vigente, devem ser encaminhados ao CEP-FOUSP relatórios parciais anuais referentes ao andamento da pesquisa e relatório final ao término do trabalho. Qualquer modificação do projeto original deve ser apresentada a este CEP, de forma objetiva e com justificativas, para nova apreciação.
O Banco de Dentes Humanos da FOU SP é considerado pela CONEP um Biobanco, portanto segundo a Resolução CNS Nº 441 a partir do dia 12 de maio de 2012 os trabalhos enviados ao CEP para serem aprovados utilizando a doação destes dentes necessitam que o Biobanco esteja aprovado pelo CEP-CONEP. Favor verificar esta condição com o coordenador do Banco de Dentes Humanos da FOU SP.

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Sim

Considerações Finais a critério do CEP:

O CEP-FOUSP considera o projeto aprovado e mediante o protocolo de pesquisa encaminhado não entende a necessidade de envio do projeto para apreciação da CONEP.

SAO PAULO, 25 de Abril de 2012

Assinado por:

Marcia Turolia Wanderley

ANEXO B – Parâmetros de Aquisição das Projeções dos Espécimes

[Acquisition]

Data directory=D:\Results\THAIS\ODONTO Doutorado\REC pré\REC pré 01

Filename Prefix=REC pré 01

Filename Index Length=4

Number of Files= 721

Source Voltage (kV)= 90

Source Current (uA)= 278

Number of Rows= 1336

Number of Columns= 2000

Image crop origin X= 0

Image crop origin Y=0

Camera binning=2x2

Image Rotation=-0.3630

Gantry direction=CC

Number of connected scans=1

Image Pixel Size (um)= 17.42

Object to Source (mm)=119.890

Camera to Source (mm)=170.180

System Matrix Calibration=NO

Vertical Object Position (mm)=173.363

Optical Axis (line)= 670

Filter=Cu + Al

Image Format=TIFF

Data Offset (bytes)= 264

Horizontal overlap (pixel)=64

Camera horizontal position=Center

Depth (bits)=16

Visual Camera=OFF

Synchronised Scan=OFF

Delay for external event (ms)=(5)

List mode=OFF (2)

Screen LUT=0

Exposure (ms)= 300

Rotation Step (deg)=0.500

Frame Averaging=ON (3)

Use 360 Rotation=YES

Geometrical Correction=ON

Camera Offset=OFF

Scanning Start Angle=0.000

Median Filtering=ON

Flat Field Correction=ON

Rotation Direction=CC

Scanning Trajectory=ROUND

User Name=

User Rights=full access

Type Of Motion=STEP AND SHOOT

Source Temperature=28.92 °C

Study Date and Time=Apr 02, 2013 19:00:32

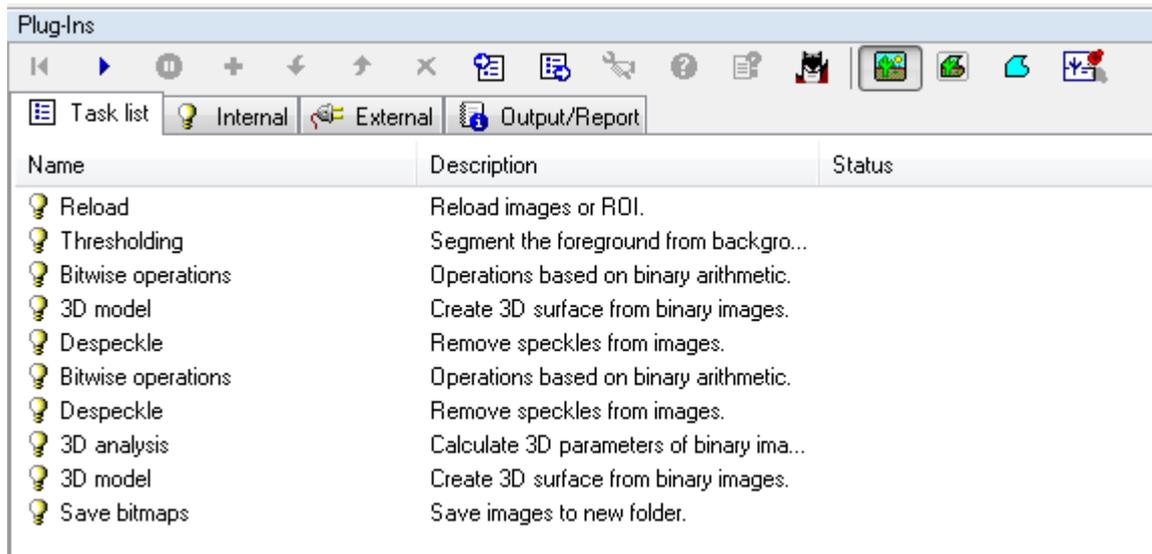
Scan duration=00:24:40

ANEXO C – Parâmetros de Reconstrução dos Espécimes

[Reconstruction]

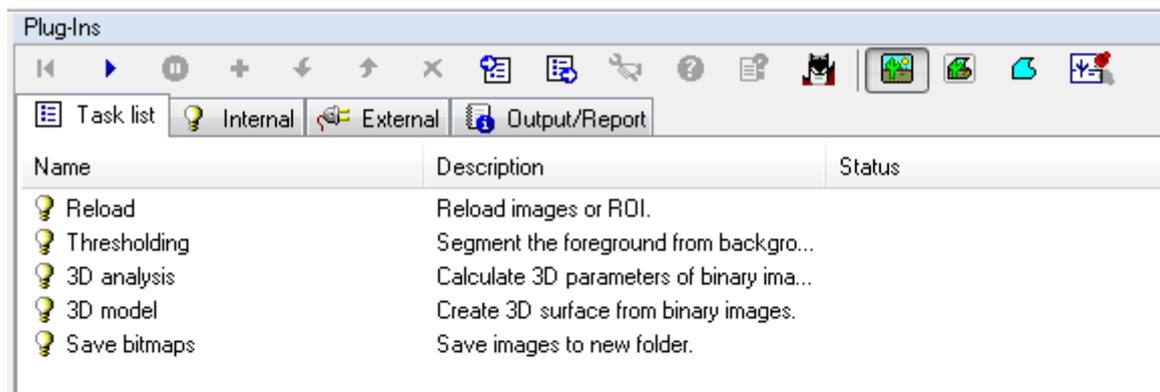
Reconstruction Program=NRecon - Version: 1.6.6.0
 Program Home Directory=C:\SkyScan1176
 Engine version=Version: 1.6.6
 Reconstruction from batch=Yes
 Reconstruction servers= 1176cluster02 1176cluster03 1176cluster04 1176cluster01
 Option for additional F4F float format=OFF
 Reconstruction mode=Standard
 Dataset Origin=SkyScan1176
 Dataset Prefix=REC pré 01~00
 Dataset Directory=D:\Results\THAIS\ODONTO Doutorado\REC pré\REC pré 01
 Output Directory=D:\Results\THAIS\ODONTO Doutorado\REC pré\REC pré 01\REC pré 01_Rec
 Time and Date=Apr 04, 2013 08:28:57
 First Section=305
 Last Section=1166
 Reconstruction duration per slice (seconds)=0.194896
 Total reconstruction time (862 slices) in seconds=168.000000
 Postalignment=-0.50
 Section to Section Step=1
 Sections Count=862
 Result File Type=BMP
 Result File Header Length (bytes)=1134
 Result Image Width (pixels)=1128
 Result Image Height (pixels)=1008
 Pixel Size (um)=17.42100
 Reconstruction Angular Range (deg)=360.00
 Use 180+=OFF
 Angular Step (deg)=0.5000
 Smoothing=3
 Smoothing kernel=2 (Gaussian)
 Ring Artifact Correction=10
 Draw Scales=OFF
 Object Bigger than FOV=OFF
 Reconstruction from ROI=ON
 ROI Top (pixels)=1554
 ROI Bottom (pixels)=546
 ROI Left (pixels)=413
 ROI Right (pixels)=1542
 ROI reference length=2000
 Filter cutoff relative to Nyquist frequency=100
 Filter type=0
 Filter type meaning(1)=0: Hamming (Ramp in case of optical scanner); 1: Hann; 2: Ramp; 3: Almost Ramp;
 Filter type meaning(2)=11: Cosine; 12: Shepp-Logan; [100,200]: Generalized Hamming, alpha=(iFilter-100)/100
 Undersampling factor=1
 Threshold for defect pixel mask (%)=0
 Beam Hardening Correction (%)=40
 CS Static Rotation (deg)=0.00
 Minimum for CS to Image Conversion=0.000734
 Maximum for CS to Image Conversion=0.034265
 HU Calibration=OFF
 BMP LUT=0
 Cone-beam Angle Horiz.(deg)=16.535358
 Cone-beam Angle Vert.(deg)=11.088192
 Filename Index Length=4
 Filename Prefix=REC pré 01_rec

ANEXO D – Lista de tarefas utilizada para segmentar a dentina e o canal radicular



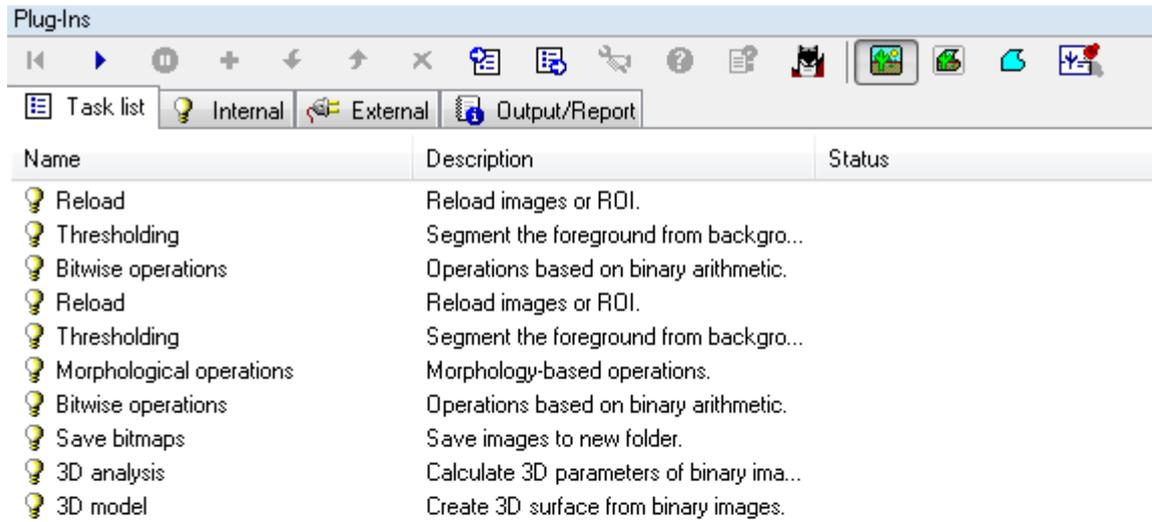
Name	Description	Status
Reload	Reload images or ROI.	
Thresholding	Segment the foreground from backgro...	
Bitwise operations	Operations based on binary arithmetic.	
3D model	Create 3D surface from binary images.	
Despeckle	Remove speckles from images.	
Bitwise operations	Operations based on binary arithmetic.	
Despeckle	Remove speckles from images.	
3D analysis	Calculate 3D parameters of binary ima...	
3D model	Create 3D surface from binary images.	
Save bitmaps	Save images to new folder.	

ANEXO E – Lista de tarefas utilizada para segmentar os debris dentinários



Name	Description	Status
Reload	Reload images or ROI.	
Thresholding	Segment the foreground from backgro...	
3D analysis	Calculate 3D parameters of binary ima...	
3D model	Create 3D surface from binary images.	
Save bitmaps	Save images to new folder.	

ANEXO F – Lista de tarefas utilizada para segmentar o material obturador



Name	Description	Status
⚡ Reload	Reload images or ROI.	
⚡ Thresholding	Segment the foreground from backgro...	
⚡ Bitwise operations	Operations based on binary arithmetic.	
⚡ Reload	Reload images or ROI.	
⚡ Thresholding	Segment the foreground from backgro...	
⚡ Morphological operations	Morphology-based operations.	
⚡ Bitwise operations	Operations based on binary arithmetic.	
⚡ Save bitmaps	Save images to new folder.	
⚡ 3D analysis	Calculate 3D parameters of binary ima...	
⚡ 3D model	Create 3D surface from binary images.	