UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE ODONTOLOGIA DE RIBEIRÃO PRETO

GRAZIELA BIANCHI LEONI

**Avaliação, por meio de microtomografia computadorizada, da
eficácia de protocolos de irrigação final e de finalização do preparo
biomecânico na remoção de debris dentinários de sistema de
canais radiculares com istmos**

Ribeirão Preto
2016

GRAZIELA BIANCHI LEONI

**Avaliação, por meio de microtomografia computadorizada, da
eficácia de protocolos de irrigação final e de finalização do preparo
biomecânico na remoção de debris dentinários de sistema de
canais radiculares com istmos**

*Tese de Doutorado apresentada à Faculdade de
Odontologia de Ribeirão Preto da Universidade de
São Paulo para a obtenção do grau de Doutor em
Ciências – Programa: Odontologia Restauradora -
Área de concentração: Odontologia Restauradora
(Opção: Endodontia) – versão corrigida*

Orientador: Prof. Dr. Manoel D. Sousa Neto

Ribeirão Preto

2016

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

Assinatura do autor: _____

Data: ____/____/2016

Ficha Catalográfica

Leoni, Graziela Bianchi

Avaliação, por meio de microtomografia computadorizada, da eficácia de protocolos de irrigação final e de finalização do preparo biomecânico na remoção de debris dentinários de sistema de canais radiculares com istmos. Ribeirão Preto, 2016.

96p.: il.; 30cm

Tese de doutorado, apresentada na Faculdade de Odontologia de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo (FORP-USP), área de concentração: Odontologia Restauradora- área Endodontia. Versão corrigida da Tese. A versão original se encontra disponível na Unidade que aloja o Programa.

Orientador: Prof. Dr. Manoel Damião de Sousa Neto

LEONI, G. B. **Avaliação, por meio de microtomografia computadorizada, da eficácia de protocolos de irrigação final e de finalização do preparo biomecânico na remoção de debris dentinários de sistema de canais radiculares com istmos**. 2016. 96 p. Tese (Doutorado) – Faculdade de Odontologia de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2016.

Aprovado em:

Banca Examinadora

Prof. Dr. Manoel Damião de Sousa Neto (Orientador)

Instituição: Faculdade de Odontologia de Ribeirão Preto/USP

Julgamento: _____

Assinatura: _____

Prof(a). Dr(a). _____

Instituição: _____

Julgamento: _____

Assinatura: _____

Prof(a). Dr(a). _____

Instituição: _____

Julgamento: _____

Assinatura: _____

Prof(a). Dr(a). _____

Instituição: _____

Julgamento: _____

Assinatura: _____

Prof(a). Dr(a). _____

Instituição: _____

Julgamento: _____

Assinatura: _____

Este trabalho de pesquisa foi realizado no Laboratório de Pesquisa em Endodontia do Departamento de Odontologia Restauradora da Faculdade de Odontologia de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo e Laboratório de Pesquisa da Faculdade de Odontologia da Universidade de Ribeirão Preto.

APRESENTAÇÃO

Em 2009, o início do meu Mestrado em Endodontia junto ao Departamento de Odontologia Restauradora da Faculdade de Odontologia de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo (FORP/USP) coincidiu com a aquisição de um aparelho de microtomografia computadorizada (micro-CT) de alta resolução (SkyScan 1174v.2; Bruker-MicroCT, Kontich, Bélgica) por um projeto apoiado pela FAPESP (2009/1.972.58.4) com coordenação do Prof. Dr. Manoel D. Sousa Neto. Na ocasião, tive a oportunidade de fazer o treinamento para preparo dos espécimes e manuseio do equipamento com o consultor científico do fabricante, Phil Salmon, e desde então me envolvi ativamente na concepção e desenvolvimento de diversos projetos de pesquisa empregando micro-CT, sob a orientação do Prof. Dr. Manoel D. Sousa-Neto, com especial destaque aos trabalhos que avaliam a anatomia interna do sistema de canais radiculares, uma tradicional área de pesquisa do nosso laboratório, desde os trabalhos pioneiros desenvolvidos pelo Prof. Dr. Jesus Djalma Pécora com o método da diafanização. O estudo das características internas do sistema de canais radiculares evoluiu dos métodos tradicionais que causavam mudanças irreversíveis nos espécimes (como secções seriadas, diafanização e réplicas de resina), passando pela tomografia computadorizada, que embora seja um método não invasivo, apresenta baixa resolução e reconstruções inexatas devido aos cortes muito espessos, até a introdução da micro-CT em pesquisas endodônticas, o que possibilitou estudos não-invasivos e altamente precisos.

Colaborativamente, venho também participando de forma intensa de projetos de pesquisa, teses e dissertações cuja metodologia envolva o uso de micro-CT nas áreas de Endodontia, Odontopediatria e Periodontia na FORP, em faculdades parceiras, como a Universidade de Ribeirão Preto (UNAERP), a Faculdade de Odontologia da Universidade Federal de Uberlândia (FO/UFU) e a Universidade Positivo (Curitiba-PR), e em projetos de pesquisa envolvendo análises do tecido ósseo na área médica, sob a coordenação do Prof. Dr. José B. Volpon do Departamento de Biomecânica, Medicina e Reabilitação do Aparelho Locomotor da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto/USP.

O artigo resultante da minha dissertação de Mestrado “Avaliação, por meio de microtomografia computadorizada, da anatomia interna de incisivos inferiores” foi publicado no *Journal of Endodontics*, com chamada de destaque na capa do fascículo (2014; v. 40: 710-716). Além disso, outros projetos de pesquisa têm sido publicados na forma de artigos em periódicos internacionais com alto fator de

impacto (*Journal of Endodontics, International Endodontic Journal, Clinical Oral Investigations*) e na forma de capítulos de livro com o grupo de pesquisa da FORP/USP e de outras instituições.

Como em todas as áreas da minha formação acadêmica, tenho buscado o estudo, a troca de experiências e o aprimoramento constante por meio da participação como ouvinte e apresentadora em cursos e conferências no Brasil e no exterior. Tive a oportunidade de participar por duas vezes, em 2013 e 2014, do *Micro-CT User Meeting*, um importante congresso de microtomografia realizado na Bélgica, promovido pela empresa fabricante do nosso microtomógrafo, o que possibilitou refinar minha abordagem científica com relação a esta tecnologia. Na segunda participação, em forma de apresentação oral em inglês, tive oportunidade de divulgar um novo conceito envolvendo ensaio mecânico e micro-CT, o qual foi muito bem recebido e resultou em tese de doutorado e publicação do respectivo artigo (BRITO-JÚNIOR, M.; LEONI, G.B.; PEREIRA, R.D.; FARIA-E-SILVA, A.L.; GOMES, E.A.; SILVA-SOUSA, Y.T.C.; SOUSA-NETO, M.D. A novel dentin push-out bond strength model that uses micro-computed tomography. *Journal of Endodontics*, 2015. v. 41, p. 2058-63). A expertise adquirida nesses anos de prática e estudo me proporcionou a oportunidade de ministrar palestras na *King's College*, na Inglaterra e no Congresso Internacional S.O.L.A. no Peru. Fui convidada ainda para ministrar, aos alunos do curso de Pós-Graduação da FO/UFU e da UNAERP, treinamento voltado ao ensino da metodologia e ao manuseio do microtomógrafo adquirido por estas unidades.

A minha trajetória no campo da pesquisa em microtomografia descrita brevemente acima, resultou, além da tese apresentada, a publicação de 11 artigos científicos, 3 capítulos de livros e 9 resumos expandidos.

ARTIGOS PUBLICADOS EM PERIÓDICOS

1. PEREIRA, R. D.; BRITO-JÚNIOR, M.; LEONI, G. B.; SOUSA-NETO, M. D. Evaluation of Bond Strength in Single-Cone Fillings of Canals with Different Cross-Sections. *International Endodontic Journal*, 2015. doi: 10.1111/iej.12607. [Epub ahead of print].

2. CROZETA, B. M.; SOUSA-NETO, M. D.; LEONI, G. B.; CHAVES J. F. M.; SILVA-SOUSA Y. T. C.; BARATTO-FILHO, F. A micro-computed tomography assessment of the efficacy of rotary and reciprocating techniques for filling material removal in root canal retreatment. *Clinical Oral Investigations* (Online), 2016. [Epub ahead of print].
3. MARTINS, C.V.; LEONI, G.B.; OLIVEIRA, H.F.; ARID, J.; QUEIROZ, A.M.; SILVA, L.A.B.; SOUSA-NETO, M.D. Influence of therapeutic cancer radiation on the bond strength of an epoxy- or an MTA-based sealer to root dentine. *International Endodontic Journal*, 2015. doi: 10.1111/iej.12556. [Epub ahead of print].
4. BUTEZLOFF, M. M.; ZAMARIOLI, A.; LEONI, G. B.; SOUSA-NETO, M. D.; VOLPON, J.B. Whole-body vibration improves fracture healing and bone quality in rats with ovariectomy-induced osteoporosis. *Acta Cirúrgica Brasileira*, v. 30, n.11, p. 727-35, 2015
5. BRITO-JÚNIOR, M.; LEONI, G. B.; PEREIRA, R. D.; FARIA-E-SILVA, A. L.; GOMES, E. A.; SILVA-SOUSA, Y. T. C.; SOUSA-NETO, M. D. A novel dentin push-out bond strength model that uses micro-computed tomography. *Journal of Endodontics*, v. 41, n. 12, p. 2058-63, 2015.
6. FALCAI, M. J.; ZAMARIOLI, A.; LEONI, G. B.; SOUSA-NETO, M. D.; VOLPON, J. B. Swimming activity prevents the unloading induced loss of bone mass, architecture, and strength in rats. *BioMed Research Internacional*, v. 2015, p. 1-8, 2015.
7. FUMES, A. C.; SOUSA-NETO, M. D.; LEONI, G. B.; VERSIANI, M. A.; SILVA, L. A. B.; SILVA, R. A. B.; CONSOLARO, A. Root canal morphology of primary molars: a micro-computed tomography study. *European Archives of Paediatric Dentistry*, v. 15, n. 15, p. 317-26, 2014.
8. LEONI, G. B.; VERSIANI, M. A.; PÉCORA, J. D.; SOUSA-NETO, M. D. Micro-computed tomographic analysis of the root canal morphology of mandibular incisors. *Journal of Endodontics*, v. 40, n. 5, p. 710-6, 2014.
9. SOUZA-FLAMINI, L. E.; LEONI, G. B.; CHAVES, J. F. M.; VERSIANI, M. A.; CRUZ-FILHO, A. M.; PÉCORA, J. D.; SOUSA-NETO, M. D. The radix entomolaris and paramolaris: a micro-computed tomographic study of 3-rooted mandibular first molars. *Journal of Endodontics*. v. 40, n. 10, p. 1616-21, 2014.
10. BERNUCI, M. P.; LEITE, C. M.; BARROS, P.; KALIL, B.; LEONI, G. B.; DEL BIANCO-BORGES, B.; FRANCI, C. R.; SZAWKA, R. E.; LARA, H. E.; ANSELMO-FRANCI, J. A. Transitory activation of the central and ovarian norepinephrine systems during cold stress-induced polycystic ovary in rats. *Journal of Neuroendocrinology*, v. 25, n. 1, p. 23-33, 2013.
11. VERSIANI, M. A.; LEONI, G. B.; STEIER, L.; DE-DEUS, G.; TASSANI, S.; PÉCORA, J. D.; SOUSA-NETO, M. D. Micro-computed tomography study of oval-shaped canals prepared with the Self-adjusting File, Reciproc, WaveOne,

and ProTaper Universal Systems. Journal of Endodontics, v. 39, n. 8, p. 1060-6, 2013.

12. SILVA-FILHO, J. M.; SOUZA-GABRIEL, A. E.; LEONI, G. B.; DE-BEM, S. H. C.; ALFREDO, E.; SILVA, R. G. Comparison of two techniques for selection of master gutta-percha cone using micro-computed tomography. Brazilian Dental Journal, v. 24, n. 4, p. 367-70, 2013.
13. DE PAULA-REIS, M. V.; MOURA, C. C. G.; SOARES, P. B. F.; LEONI, G. B.; SOUSA-NETO, M. D.; BARBOSA, D. Z.; SOARES, C. J. Histologic and micro-computed tomographic analyses of replanted teeth stored in different kind of media. Journal of Endodontics, v. 40, n. 5, p. 665-9, 2013.
14. ZUOLO, A. S.; BODELON, M. B.; RACHED-JUNIOR, F. J. A.; LEONI, G. B.; PECORA, J. D.; SOUSA NETO, M. D. Evaluation of the physicochemical properties of an epoxy-resin based root canal sealer with iodoform. Revista Odonto Ciência, v. 27, n. 4, p. 309-14, 2012.

CAPÍTULOS DE LIVROS

1. SOUSA-NETO, M. D.; **LEONI, G. B.**; CHAVES, J. F. M.; PECORA, J. D.; ESTRELA, C. Estudo da anatomia radicular, externa e interna, da dentição permanente humana. In: CAMARGO, J. M. P. Endodontia Clínica: a luz da microscopia operatória. 1ed.: Nova Odessa, SP: Napoleão LTDA. p. 34-77, 2016.
2. SOUSA-NETO, M. D.; **LEONI, G. B.**; CHAVES, J. F. M.; VERSIANI, M. A.; PÉCORA, J. D. Anatomia Interna dos Canais Radiculares. In: Manual de Endodontia ABE-RJ. MedBook Editora Científica LTDA, p. 1-19, 2015.
3. VERSIANI, M. A.; **LEONI, G. B.**; PECORA, J. D.; SOUSA-NETO, M. D. Anatomia Interna. In: SIQUEIRA JUNIOR, J. F.; LOPES, H. P. (Org.). Endodontia: biologia e técnica. 4ed.: São Paulo: Elsevier. p. 187-212, 2015.

RESUMOS EXPANDIDOS PUBLICADOS – Micro-CT User Meeting

1. ZAMARIOLI, A.; CAMPOS, M. S.; GUIMARAES, A.; BUTEZLOFF, M.; **LEONI, G. B.**; SOUSA-NETO, M. D.; VOLPON, J. B. Microstructural changes in the bone tissue and in the bone callus of diabetic rats with and without insulin treatment. In: 2015 annual Bruker microCT User Meeting, 2015, Bruges. 2015 annual Bruker microCT User Meeting, v. 1, p. 9-13, 2015.
2. BUTEZLOFF, M.; ZAMARIOLI, A.; **LEONI, G. B.**; SOUSA-NETO, M. D.; VOLPON, J. B. Does the vibration therapy exert an osteogenic effect on the quality of bone tissue and healing in normal and osteoporotic rats?. In: 2015 annual Bruker microCT User Meeting, 2015, Bruges. 2015 annual Bruker microCT User Meeting, v. 1, p. 205-10, 2015.

3. SOUSA-NETO, M. D.; CHAVES, J. F. M.; **LEONI, G. B.**; BOSCHETTI, E.; VERSIANI, M. A.; SILVA-SOUSA, Y. T. C.; PECORA, J. D.; SAQUY, P. C. Evaluation of the internal and external anatomy of mandibular premolars with radicular grooves. A micro-CT Study. In: Micro-CT User Meeting, 2014, Ostende. Bruker MicroCT User Meeting 2014 Abstract Book, v. 1, p. 289-295, 2014.
4. FALCAI, M.; ZAMARIOLI, A.; **LEONI, G. B.**; SOUSA-NETO, M. D.; VOLPON, J. B. Swimming activity combined with rat-tail suspension increases bone mass and strength and improves the microarchitecture of unloaded tibias: a comparison using mechanical testing, BMD assessment and computed microtomographic analysis. In: Micro-CT User Meeting, 2014, Ostende. Bruker MicroCT User Meeting 2014 Abstract Book, v. 1, p. 85-90, 2014.
5. **LEONI, G. B.**; BRITO-JUNIOR, M.; GOMES, E. A.; CHAVES, J. F. M.; SILVA-SOUSA, Y. T. C.; SOUSA-NETO, M. D. Push-out of root canal filling using the material testing stage (MTS) inside a Micro-CT: preliminary observations. In: Micro-CT User Meeting, 2014, Ostende. Bruker MicroCT User Meeting 2014 Abstract Book, v. 1, p. 134-9, 2014.
6. SILVA-SOUSA, Y. T. C.; **LEONI, G. B.**; CHAVES, J. F. M.; CROZETA, B. M.; BARLETTA, F. B.; BARATTO-FILHO, F. Micro computed tomographic analysis of the effectiveness of reciprocating systems for removing filling material during root canal retreatment.. In: Micro-CT User Meeting, 2014, Ostende. Bruker MicroCT User Meeting 2014 Abstract Book, v. 1, p. 309-14, 2014.
7. PLOTEGHER, F.; **LEONI, G. B.**; STEIER, L.; PÉCORA, J. D.; SOUSA-NETO, M. D.; VERSIANI, M. A. Evaluation of voids and gaps in oval-shaped canals filled with different techniques using micro-ct imaging. In: Micro-CT User Meeting, 2013, Hasselt, Bélgica. Micro-CT User Meeting- Abstract Book, v. 1, p. 253-78, 2013.
8. **LEONI, G. B.**; SOUZA-FLAMINI, L. E.; VERSIANI, M. A.; CRUZ FILHO, A. M.; SOUSA-NETO, M. D. Micro-CT study of permanent three-rooted mandibular first molars. In: Micro-CT User Meeting, 2013, Hasselt, Bélgica. Micro-CT User Meeting- Abstract Book, v. 1, p. 268-72, 2013.
9. VERSIANI, M. A.; **LEONI, G. B.**; STEIER, L.; DE-DEUS, G.; TASSANI, S.; PÉCORA, J. D.; SOUSA-NETO, M. D. Micro-CT study of oval-shaped canals prepared with SAF, Reciproc, WaveOne and ProTaper Systems. In: Micro-CT User Meeting, 2013, Hasselt, Bélgica. Micro-CT User Meeting- Abstract Book, v. 1, p. 13-8, 2013.

CONFERÊNCIA OU PALESTRA

1. **LEONI, G.B.**; ZAMARIOLI, A. Microtomografia computadorizada aplicada à pesquisa em tecido ósseo e dental, 2015, Universidade Federal de Uberlândia – UFU, Uberlândia, MG.

2. **LEONI, G.B.** Microtomografia computadorizada aplicada à pesquisa em dental, 2015, Universidade de Ribeirão Preto – UNAERP, Ribeirão Preto, SP.
3. **LEONI, G. B.** Variations in root canal morphology and its relationship with endodontic treatment, 2014, Congreso Internacional S.O.L.A, Arequipa, Peru.
4. **LEONI, G. B.** Variations in root canal morphology and its relationship with endodontic treatment, 2013, Kings College, Londres, Reino Unido.

DEDICATÓRIA

Ao meu pai, **Marcelo Ricardo Leoni**, que mesmo não tendo concluído seus estudos foi um aprendiz da vida que sempre apoiou e incentivou meus estudos, se orgulhando sempre das minhas conquistas. Meu exemplo guerreiro de simplicidade, trabalho e vontade que agora me ilumina em Espírito.

À minha mãe, **Priscila Cascaldi Bianchi Leoni**, pelo contínuo apoio na minha formação como ser humano e como profissional. Obrigada por sempre encontrar em você amor e amizade. Seu exemplo de mãe, mulher e profissional me orientam na busca em Ser cada vez melhor.

Aos meus queridos irmãos, **Giovana Bianchi Leoni** e **Giuliano Bianchi Leoni**, meu refúgio de vitalidade, alegria e carinho, por acreditarem com entusiasmo na minha formação.

Ao meu namorado, **Fernando Eidi Yoshimura**, pelos melhores abraços e sorrisos a cada fim de dia. Por sempre aprender com você um lado diferente de mim mesma. Pela compreensão, incentivo e apoio em todos os momentos.

Gratidão!

*A*GRADECIMENTOS

Ao meu orientador, **Prof. Dr. Manoel Damião de Sousa Neto**, pelo importante apoio desde os meus primeiros passos na pós-graduação. Obrigada pela confiança, por toda oportunidade de aprendizado que me foi concedida, e por permitir significativo aprimoramento do meu conhecimento científico e profissional.

Ao **Prof. Dr. Jesus Djalma Pécora**, exemplo de pesquisador inventivo e perspicaz, pelas conversas sempre enriquecedoras e motivadoras sobre a ciência e os mistérios da vida. Obrigada por compartilhar seu olhar distinto sobre a Arte da Endodontia. Admiração por seu trabalho e sabedoria.

À **Profa. Dra. Yara Terezinha Côrrea Silva Sousa**, coordenadora do programa de pós-graduação em Odontologia da Universidade de Ribeirão Preto, pela revisão deste trabalho, pela confiança, carinho e disponibilidade em me receber no seu laboratório para realização de etapa importante deste trabalho.

Ao colega de pós-graduação, **Dr. Marco Aurélio Versiani**, por todo conhecimento clínico e científico transmitidos. Sua participação e colaboração foram essenciais! Obrigada!

Ao aluno da pós-graduação da Universidade de Ribeirão Preto, **João Felipe Bonatto Bruniera**, pela disponibilidade e colaboração neste trabalho.

Aos professores do Departamento de Odontologia Restauradora, **Prof. Dr. Antonio Miranda da Cruz Filho** e **Profa Dra Regina Guenka Palma Dibb** pelo convívio agradável e ensinamentos.

À **Dra. Débora Fernandes Costa Guedes**, técnica do Laboratório de Gerenciamento de Resíduos Químicos da FORP-USP, pela convivência alegre e momentos de aprendizado.

Ao **Carlos Feitosa dos Santos**, secretário do Departamento de Odontologia Restauradora, sempre atencioso e prestativo, obrigado pela sua disponibilidade e suporte no decorrer destes anos.

Ao técnico do Laboratório de Endodontia **Reginaldo Santana**, por sua tranquilidade e alegria contagiante no meu dia-a-dia. Obrigada pela ajuda e pelas palavras de incentivo.

Às funcionárias do Departamento de Odontologia Restauradora, **Luiza Pitol, Rosângela Angelini, Maria Amália Viesti de Oliveira e Maria Isabel Miguel**, pelo cuidado, presteza e carinho com que me trataram.

Às secretárias da pós-graduação, **Isabel Cristina Sola e Mary Possani Carmessano**, pela solicitude e atenção com que sempre me atenderam.

Aos funcionários da seção técnica de informática da Faculdade de Odontologia de Ribeirão Preto, **Paulo Marcos Fazzio, Luciano Luiz Finco, Juliano Pratti Mercantil e Rafael Angelo Lascala Femineli**, pelo suporte e auxílio na área de informática dispendido durante minha pós-graduação e principalmente no decorrer deste trabalho.

À amiga, **Renata Pereira Ramos**, pela colaboração e aprendizado em diversos momentos da minha pós-graduação.

Aos amigos da pós-graduação **Rafael Verardino Camargo, Bruno Monguilhott Crozeta, Jardel Francisco Mazzi Chaves, Isadora Mello Vilarinho Soares, Rodrigo Dantas Pereira, Amanda Buosi de Biagi e Fernanda Plategher** pelo tempo e carinho que doaram em diferentes etapas deste trabalho, pelo suporte acadêmico e emocional! Gratidão!

Aos amigos da pós-graduação: **Alessandro Lamira, Cecilia Valente Martins, Daniel Filizola, Fabiane Lopes, Isabela Lima, Jacy Ribeiro de Carvalho Junior, Keila de Almeida Francischini, Luis Eduardo Souza Flamini, Polliana Vilaça, Ricardo Machado, Samuel Câmara de Bem e Vanessa Lessa**, pela convivência agradável e pelas trocas de experiências e aprendizado a cada conversa.

Aos queridos amigos, **Guilherme de Paula Lemos, Jean Hilário, Karina Albino Lencioni, Mariana Umekita Shirozaki, Olivia Cherubin Alves, Gabriela Molina, Ariane Zamarioli, Luis Lima e Ana Beatriz Silva Sousa**, por compartilharem os desafios e alegrias desta etapa!

À **CAPES – Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior** e **FAPESP – Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo**, pelo apoio financeiro.

À **Faculdade de Odontologia de Ribeirão Preto**, que desde a graduação me acolheu e permitiu meu crescimento pessoal e profissional.

*"Para ser grande, sê inteiro: nada
Teu exagera ou exclui.
Sê todo em cada coisa.
Põe quanto és
No mínimo que fazes.
Assim em cada lago a lua toda
Brilha, porque alta vive"*

Ricardo Reis
Heterónimo de Fernando Pessoa

RESUMO

LEONI, G.B. **Avaliação, por meio de microtomografia computadorizada, da eficácia de protocolos de irrigação final e de finalização do preparo biomecânico na remoção de debris dentinários de sistema de canais radiculares com istmos.** 2016, 96 p. Tese (Doutorado) – Faculdade de Odontologia de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2016.

O objetivo do presente estudo foi avaliar, quantitativa e qualitativamente, por meio de microtomografia computadorizada, o percentual de volume e de redução de debris dentinários acumulados (DDA) no sistema de canais radiculares com istmos de raízes mesiais de molares inferiores submetidos à: irrigação por pressão apical positiva; irrigação ultrassônica passiva; finalização do preparo com Self-Adjusting File e finalização do preparo com XP-endo Finisher. Quarenta raízes mesiais de molares inferiores, com curvatura moderada, e presença de dois canais mesiais com istmo único e contínuo verificada por escaneamento em microtomógrafo, foram selecionadas. Os canais foram preparados pela técnica de instrumentação recíprocante (WaveOne Small e Primary). Em seguida, a composição dos grupos experimentais foi realizada por meio da técnica de amostragem estratificada, de acordo com o protocolo de irrigação final ou de finalização de preparo biomecânico, em quatro grupos (n=10): Pressão Apical Positiva (PAP), Irrigação Ultrassônica Ativa (IUP), Self-Adjusting File (SAF), e a XP-endo Finisher (XPF). Os protocolos foram realizados durante 2 minutos com 5,5 mL de hipoclorito de sódio a 2,5%. Os espécimes foram submetidos aos exames microtomográfico inicial, após o preparo e após os protocolos de irrigação final ou de finalização do preparo para análise de DDA. A porcentagem de volume e redução de DDA após os protocolos de irrigação final ou de finalização do preparo biomecânico foram comparados estatisticamente entre os grupos por meio de ANOVA e pós-teste de Tukey, com nível de significância de 5%. Foi possível observar redução de DDA após os protocolos de irrigação final e de finalização do preparo biomecânico em todos os grupos avaliados. Os grupos IUP e XPF apresentaram as menores médias de volume e de percentual de volume (%vol) de DDA ($0,05 \pm 0,06 \text{ mm}^3$ e $0,61 \pm 0,75\%$; e $0,08 \pm 0,09 \text{ mm}^3$ e $0,81 \pm 1,03\%$, respectivamente) comparados aos grupos PAP e SAF ($0,36 \pm 0,13 \text{ mm}^3$ e $3,73 \pm 1,59\%$; e $0,47 \pm 0,23 \text{ mm}^3$ e $4,31 \pm 1,87\%$, respectivamente) ($p < 0,05$). Ainda, o percentual de redução de DDA foi maior nos grupos IUP e XPF ($94,05 \pm 7,21\%$ e $89,67 \pm 10,96\%$, respectivamente) quando comparados aos grupos PAP e SAF ($45,74 \pm 15,76\%$ e $41,26 \pm 9,96\%$, respectivamente) ($p < 0,05$). Não houve diferença estatística entre os grupos IUP e XPF; e entre os grupos PAP e SAF ($p > 0,05$). Qualitativamente, os DDA remanescentes foram localizados principalmente no terço apical após o protocolo com IUP; no terço cervical após protocolo com XPF e nos terços médio e apical após protocolos com PAP e SAF. Conclui-se que os protocolos de irrigação ultrassônica passiva e de finalização do preparo com XP-endo Finisher apresentaram maiores remoções de debris dentinários do sistema de canais radiculares com istmos comparados aos protocolos de irrigação por pressão apical positiva e de finalização de preparo com SAF.

ABSTRACT

LEONI, G.B. **A microcomputed tomography evaluation of the efficacy of final irrigation and final shaping protocols on the removal of debris from root canal system with isthmuses**. 2016, 96 p. Tese (Doutorado) – Faculdade de Odontologia de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2016.

The aim of this study was to evaluate, quantitatively and qualitatively, the percent volume and percent reduction of accumulated hard-tissue debris (AHTD) from root canal system with isthmuses of mesial roots of mandibular molars subjected to different final irrigation and final shaping protocols, using micro-computed tomography (micro-CT) analysis. Forty mesial roots of mandibular molars with moderate curvature and two mesial canals with a single and continuous isthmus detected by micro-CT scanning were selected. The canals were prepared by reciprocating instrumentation technique (WaveOne Small and Primary). Then, the composition of the experimental groups was performed by a stratified sampling method, resulting in four groups (n=10), according to the final irrigation or final shaping protocol: Apical Positive Pressure (APP), Passive Ultrasonic Irrigation (PUI), Self-adjusting File (SAF) and XP-endo Finisher (XPF). The protocols were performed with 5.5 mL of 2.5% NaOCl *per* canal during 2 minutes. The specimens were subjected to preoperative and following preparation, final irrigation or final shaping micro-CT scanning for AHTD analysis. The percent volume and percent reduction of AHTD after final irrigation or final shaping were statistically compared among groups using ANOVA and *post hoc* Tukey test with a 5% significance level. It was observed a reduction in the percentage of AHTD after final irrigation or final shaping in all groups. The PUI and XPF groups showed the lowest mean of volume and percent volume (%vol) of AHTD ($0.05 \pm 0.06 \text{ mm}^3$ and $0.61 \pm 0.75\%$; and $0.08 \pm 0.09 \text{ mm}^3$ and $0.81 \pm 1.03\%$, respectively) when compared with APP and SAF groups ($0.36 \pm 0.13 \text{ mm}^3$ and $3.73 \pm 1.59\%$; and $0.47 \pm 0.23 \text{ mm}^3$ and $4.31 \pm 1.87\%$, respectively) ($p < 0.05$). Furthermore, the percent reduction of AHTD was greater in PUI and XPF groups ($94.05 \pm 7.21\%$ and $89.67 \pm 10.96\%$, respectively) compared with APP and SAF groups ($45.74 \pm 15.76\%$ and $41.26 \pm 9.96\%$, respectively) ($p < 0.05$). No statistically significant differences were found when comparing PUI and XPF groups or APP and SAF groups ($p > 0.05$). Qualitatively, the remaining DDA were mainly located in the apical third after the protocol with IUP; the cervical third after protocol XPF and in the middle and apical thirds after protocols PAP and SAF. It may be concluded that the passive ultrasound irrigation and final shaping with XP-endo Finisher protocols showed greater AHTD reduction from root canal system with isthmuses of mesial roots of mandibular molars than apical positive pressure and final shaping with SAF.

SUMÁRIO

Introdução.....	1
Proposição.....	9
Material e Método.....	13
Resultados.....	35
Discussão.....	47
Conclusões.....	57
Referências Bibliográficas.....	61
Apêndices.....	73
Anexos.....	89

INTRODUÇÃO

O sucesso do tratamento endodôntico depende da remoção de tecido vivo ou necrosado e da eliminação de microrganismos e seus subprodutos dos canais radiculares (WONG, 2004; SIQUEIRA et al., 2013). Contudo, este objetivo é difícil de ser alcançado pelo preparo biomecânico devido, principalmente, à complexidade das variações anatômicas do sistema de canais radiculares (SCR) como istmos, ramificações, reentrâncias, achatamentos e deltas apicais (WU; WESSELINK, 2001; BARBIZAM et al., 2002; FARINIUK et al., 2003; RICUCCI; BERGENHOLTZ, 2003; BARATTO-FILHO et al., 2004; PETERS, 2004; NAIR et al., 2005; PAQUÉ; GANAHL; PETERS, 2009; METZGER et al., 2010).

O istmo é definido como uma área estreita, em forma de fita, que conecta dois canais radiculares (WELLER; NIEMCZYK; KIM, 1995). Esta característica anatômica é frequentemente observada nas raízes mesiais de molares inferiores em diversos estudos (VERTUCCI, 1984; HSU; KIM, 1997; TEIXEIRA et al., 2003; MANNOCCI et al., 2005; GU et al., 2009b; DE PABLO et al., 2010; FAN et al., 2010). A presença dessa comunicação ocorre em 54,8% de raízes mesiais de molares inferiores, sendo que as mais altas prevalências são encontradas principalmente no terço apical, com relatos de até 81% avaliando 6 mm apicais (GU et al., 2009b).

Estudos demonstram que os istmos são áreas inacessíveis à ação dos instrumentos endodônticos (TEIXEIRA et al., 2003; SIQUEIRA et al., 2013), o que pode resultar na manutenção do tecido pulpar necrótico no SCR (WELLER; NIEMCZYK; KIM, 1995; VERTUCCI, 2005). Além disso, estas áreas podem acumular debris dentinários resultantes da ação mecânica dos instrumentos durante o preparo dos canais radiculares (PAQUÉ et al., 2009; PAQUÉ; AL-JADAA; KFIR, 2012; DE-DEUS et al., 2015).

A limpeza e desinfecção da região do istmo ocorre pela ação física; causada pela movimentação hidráulica da solução irrigadora que resulta na suspensão e arraste dos tecidos e detritos pela aspiração; pela ação mecânica, com aplicação de forças para destacar e romper biofilmes, debris e remanescentes teciduais; e pela ação química, pelo contato do irrigante com tecidos e detritos pela inundação (LOPES et al., 2015), atingindo áreas fora do alcance dos instrumentos endodônticos (VAN DER SLUIS et al., 2007).

O método de irrigação mais utilizado é o realizado por meio de agulha adaptada a uma seringa associada à pressão apical positiva (GU et al., 2009a; BOUTSIUKIS; VAN DER SLUIS, 2015), o qual permite fácil controle da profundidade de penetração da agulha e frequente renovação da solução irrigante com grandes volumes a fim de favorecer a movimentação hidráulica da solução química no interior do canal radicular (GU et al., 2009a; LOPES et al., 2015). Entretanto, estudos evidenciam que a irrigação convencional é ineficaz na remoção dos remanescentes teciduais e na limpeza do canal radicular em toda sua extensão, especialmente do terço apical (THOMAS et al., 2014; TANOMARU-FILHO et al., 2015) e em canais com achatamentos (BARATTO-FILHO et al., 2009) e istmos (ENDAL et al., 2011; PAQUÉ; BOESSLER; ZEHNDER, 2011).

Outro método difundido, que visa melhorar as limitações da irrigação convencional e promover a limpeza do canal radicular, principalmente em áreas de desafio anatômico, é a ativação de soluções irrigadoras por meio de dispositivos ultrassônicos. A irrigação ultrassônica passiva (IUP) é definida como a ativação da solução irrigante contida no interior do canal radicular, por meio de limas de pequeno calibre (WELLER; BRADY; BERNIER, 1980) ou insertos ultrassônicos lisos (VAN DER SLUIS; WU; WESSELINK, 2005). A eficácia do IUP na remoção de

remanescentes teciduais e dentinários tem sido pesquisada (VAN DER SLUIS; WU; WESSELINK, 2005; VAN DER SLUIS et al., 2007; GU et al., 2009a; HAAPASALO et al., 2014; THOMAS et al., 2014; NUSSTEIN, 2015; SCHMIDT et al., 2015), sendo que os estudos, em geral, mostram a IUP mais efetiva quando comparada à irrigação convencional (GOODMAN et al., 1985; CAMERON, 1987; LEE; WU; WESSELINK, 2004; GUTARTS et al., 2005; PASSARINHO-NETO et al., 2006; GU, et al., 2009a; PAQUÉ; BOESSLER; ZEHNDER, 2011; HAAPASALO et al., 2014; NUSSTEIN, 2015).

Paralelamente aos protocolos de irrigação-inundação-aspiração e de ativação da solução irrigante, um novo conceito, que visa abranger a limpeza e a modelagem dos canais radiculares em áreas de maiores dificuldades anatômicas, surgiu com o desenvolvimento do instrumento Self-Adjusting File (SAF). Este instrumento apresenta corpo oco, compressível e flexível, delimitado por uma delicada treliça de níquel-titânio (Ni-Ti), que permite sua adaptação tridimensional no espaço do canal radicular, promovendo maior toque nas paredes, especialmente em canais achatados (METZGER et al., 2010; VERSIANI; PÉCORA; SOUSA-NETO, 2011; VERSIANI et al., 2013). Além disso, o instrumento se conecta a um dispositivo de irrigação, que permite movimentação hidráulica da solução irrigante juntamente com a ação mecânica do instrumento, o que segundo DIETRICH; KIRKPATRICK; YACCINO (2012) e PAQUÉ; AL-JADAA; KFIR (2012) promove maior remoção dos debris dentinários durante o preparo.

Recentemente, foi introduzido no mercado um instrumento com diâmetro 25 e sem conicidade chamado XP-endo Finisher, que promove o chicoteamento contra as paredes do canal radicular que, segundo o fabricante, permite sua ação em áreas de istmos, achatamentos e reentrâncias, uma vez que este instrumento é produzido

com exclusiva liga de Ni-Ti MaxWire (Martensite-Austenite Electropolish-FleX). Esta liga é altamente flexível e tem sua forma alterada em diferentes temperaturas. O instrumento apresenta-se reto na sua fase martensita (fase-M), alcançada quando é resfriado. Já quando o instrumento é exposto a temperaturas mais elevadas, como a temperatura corporal, ocorre alteração da sua forma devido a memória molecular da liga para a fase austenita (fase-A), assumindo uma conformação de semi-círculo que, em rotação, permite atingir uma área de 6 mm em diâmetro ou 100 vezes maior que a de um instrumento de tamanho equivalente.

Para o estudo do debridamento e limpeza do SCR, a literatura evidencia diferentes métodos, como histologia, microscopia eletrônica de varredura e métodos de secção (PAQUÉ; MUSCH; HULSMANN, 2005; DAI et al., 2011; DE MELO RIBEIRO et al., 2013; AHUJA et al., 2014; HAAPASALO et al., 2014; AKMAN et al., 2015). Contudo, são métodos destrutivos cujos espécimes sofrem descalcificação durante o seu processamento removendo tecido inorgânico, assim como procedimentos de secção que podem resultar na deposição de *smear* ou alterar a localização dos debrís (GU et al., 2009a; FAN et al., 2010), podendo criar artefatos durante a avaliação.

Em 2009, PAQUÉ et al. evidenciaram, por meio de micro-TC, a presença de debrís dentinários em istmos, produzidos pela instrumentação rotatória. Assim, esta metodologia surge com possibilidade de avaliar protocolos para remoção de debrís dentinários produzidos pelo preparo, principalmente por ser uma metodologia não-destrutiva e permitir que o mesmo espécime possa ser escaneado diversas vezes para avaliar e comparar os debrís dentinários acumulados (DDA) após diferentes etapas sequenciais do tratamento.

Considerando a importância do conhecimento das variações anatômicas, bem como o seu impacto durante o preparo biomecânico, torna-se importante estudar o uso de protocolos de irrigação, de instrumentos que associam a ação mecânica e física, e de novos instrumentos que tem como objetivo atuar em áreas de istmos, a fim de demonstrar a eficiência destes recursos em relação ao arsenal endodôntico disponível.

PROPOSIÇÃO

O objetivo do presente estudo foi avaliar, quantitativa e qualitativamente, por meio de microtomografia computadorizada, o percentual de volume e de redução de debris dentinários acumulados (DDA) em sistema de canais radiculares com istmos de raízes mesiais de molares inferiores submetidos à: irrigação por pressão apical positiva; irrigação ultrassônica passiva; finalização do preparo com Self-Adjusting File e finalização do preparo com XP-endo Finisher.

MATERIAL E MÉTODO

Delineamento experimental

Para facilitar a compreensão do presente estudo, os procedimentos experimentais foram organizados em três partes, conforme ilustra a Figura 1.

Parte 1. Seleção e preparo da amostra;

Parte 2. Avaliação microtomográfica do preparo do canal radicular e do volume de debris dentinários acumulados;

Parte 3. Avaliação microtomográfica do volume de debris dentinários removidos.

Figura 1. Fluxograma da sequência metodológica utilizada nas 3 etapas do presente estudo. PAP: pressão apical positiva; IUP: irrigação ultrassônica passiva; SAF: Self-Adjusting File; XPF: XP-endo Finisher.

Parte 1. Seleção e preparo da amostra

Seleção inicial da amostra

Após aprovação do projeto deste estudo pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Faculdade de Odontologia de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo (Anexo 1), foram obtidos 240 molares inferiores humanos com rizogênese completa e estrutura radicular hígida, mantidos em solução de timol a 0,1%.

Os dentes foram lavados em água corrente por 24 horas e, em seguida, tiveram sua superfície radicular externa limpa por meio de raspagem com ultrassom (Profi II Ceramic, Dabi Atlante Ltda, Ribeirão Preto, SP, Brasil). Posteriormente, tomadas radiográficas nos sentidos orto-radial e méso-radial foram realizadas com filmes Ektaspeed EP (Kodak Brasileira Comércio e Indústria Ltda, São José dos Campos, SP, Brasil), tempo de exposição de 0,5 segundo e distância objeto-filme de 10 cm, 70 kVp (Spectro 70X Eletronic, Dabi Atlante, Ribeirão Preto, São Paulo). As radiografias foram avaliadas com auxílio de negatoscópio (Konex, Konex Ind. e Com. de Metais LTDA, São Paulo, SP, Brasil) e de aparato visualizador magnificador (X-Produkter, Malmö, Suécia). Foram selecionados, da amostra inicial, os molares inferiores que apresentaram raiz mesial livre de nódulos pulpare, reabsorção interna, tratamento endodôntico prévio ou fratura radicular, e com curvatura moderada (ângulo de curvatura entre 10° e 20°, mensurados com o programa Image J), de acordo com o método de SCHNEIDER (1971), totalizando 138 dentes.

Em seguida, os dentes selecionados foram identificados numericamente e inseridos, individualmente, em recipiente plástico contendo 1 mL de soro fisiológico, e armazenados em estufa a 37°C, por 72 horas, visando sua reidratação.

Exame microtomográfico preliminar

Ainda em relação à seleção da amostra, foi realizada a análise microtomográfica qualitativa da anatomia interna dos 138 dentes selecionados. Os espécimes foram escaneados utilizando-se o microtomógrafo SkyScan modelo 1174 v.2 (50 kV, 800 mA) (SkyScan, Kontich, Bélgica) do Laboratório de Pesquisa em Endodontia do Departamento de Odontologia Restauradora da FORP-USP (Figura 2A). Para isso, uma porção de cera (Cera 7, Lyzanda, São Paulo, SP, Brasil) de aproximadamente 1 cm de altura foi posicionada no microposicionador metálico, fixado à mesa giratória no interior da câmara do microtomógrafo, e cada espécime foi individualmente inserido no centro da cera, o que possibilitou o seu posicionamento de forma perpendicular à fonte de radiação durante o escaneamento, reduzindo-se, assim, a possibilidade de distorção da imagem (Figura 2B). Em seguida, no programa de controle SkyScan 1174 v2, após a confirmação do posicionamento do espécime com auxílio da ferramenta *Video Image*, deu-se início ao escaneamento nos parâmetros de resolução isotrópica de 26,7 μm , 180° de rotação em torno do eixo vertical com passo de rotação de 1°, quantidade total de 1 quadro (*frame*), utilizando filtro de alumínio de 0,5 mm de espessura. As projeções bidimensionais das imagens geradas foram arquivadas no formato *Tagged Image File* (TIFF).

Ao término do escaneamento, os dentes foram novamente imersos em soro fisiológico e armazenados em estufa (37°C).

Figura 2. (A) Microtomógrafo SkyScan modelo 1174 v.2 (SkyScan, Kontich, Bélgica). (B) Posicionamento do espécime no microposicionador metálico, com auxílio de cera, no interior da câmara do microtomógrafo.

A etapa seguinte consistiu na reconstrução das secções axiais a partir das imagens das projeções angulares, por meio do algoritmo de reconstrução de feixe cônico de Feldkamp modificado, usando o programa NRecon v.1.6.6.0 (Bruker-microCT, Kontich, Bélgica). Foi aplicada uma redução de artefatos em forma de anel (*Ring Artifact*) no valor de 5 (escala de 0-20), de endurecimento de feixe (*Beam Hardening*) no percentual de 40% (escala de 0 a 100%), de suavização (*Smoothing*) no valor de 3 (escala de 0 a 10) e com o histograma de contraste variando de 0,003 (valor mínimo) a 0,15 (valor máximo). As secções axiais reconstruídas foram salvas em formato *Bitmap* (BMP).

A partir das imagens reconstruídas, no programa CTAn v.1.14.4.1+ (Bruker-microCT, Kontich, Bélgica) foi realizada a segmentação da imagem por meio da técnica de binarização ou *threshold* interativo, na qual é realizada a segmentação dos valores de tons de cinza da reconstrução tridimensional obtendo-se, assim, uma imagem binária onde os *pixels* pretos representaram o fundo e os *pixels* brancos, o objeto da análise. Esse processo foi realizado para a região de interesse do sistema de canais radiculares (SCR) por meio de operações matemáticas com a ferramenta

Custom Processing, utilizando uma sequência de *plug-ins (task list)* (Anexo 2) a partir da qual foram gerados modelos tridimensionais do SCR de cada espécime.

No programa CTVol v.2.2.3.0 (Bruker-microCT, Kontich, Bélgica), os modelos tridimensionais foram avaliados qualitativamente em relação à configuração da morfologia do SCR. A partir desta avaliação, foram selecionados os molares inferiores que apresentaram raiz mesial com dois canais conectados por um istmo único e contínuo que permanecem unidos até o terço apical para terminar em um único forame, totalizando 40 dentes (Figura 3).

Figura 3. Visão mesial (M) e distal (D) de modelos tridimensionais do sistema de canais radiculares de dois molares inferiores selecionados após o exame microtomográfico preliminar, mostrando a presença de dois canais conectados por um istmo único e contínuo que permanecem unidos até o terço apical, para terminar em um único forame.

Secção dos dentes

A fim de evitar variáveis de confusão, os 40 dentes selecionados tiveram suas coroas seccionadas a aproximadamente 1 mm acima da junção cimento-esmalte. Para isso, cada espécime foi acoplado a um dispositivo na máquina Isomet 1000 (Buehler, Lake Forest, IL, EUA), na qual um disco diamantado (South Bay Technology, San Clement, CA, EUA), sob refrigeração constante, peso de 250 g e velocidade de 300 rpm, realizou o corte da porção coronária, perpendicularmente ao longo eixo da raiz (Figura 4). Os dentes foram novamente colocados em recipiente plástico e armazenados em estufa (37°C, 95% umidade relativa).

Figura 4. Secção dos dentes. (A) Máquina de corte Isomet 1000. (B) Espécime adaptado ao dispositivo de fixação na máquina de corte. (C) Procedimento de corte da porção coronária do dente utilizando disco diamantado sob refrigeração.

Parte 2. Avaliação microtomográfica do preparo do canal radicular e do volume de debris dentinários acumulados

Exame microtomográfico inicial

Com o objetivo de melhorar a resolução das imagens devido densidade dos debris dentinários, após a secção das coroas, os espécimes foram escaneados no microtomógrafo SkyScan modelo 1176 (Bruker micro-CT, Kontich, Bélgica) do Laboratório de Pesquisa da Faculdade de Odontologia da Universidade de Ribeirão Preto (Figura 5A). Antes do escaneamento, a raiz mesial dos espécimes foi identificada com caneta permanente. Em seguida, para evitar qualquer movimento durante o escaneamento, grupos de 10 espécimes foram inseridos em tira de cera (Cera 7, Lyzanda, São Paulo, SP, Brasil) de maneira padronizada em relação à raiz mesial e posicionados no meio de um suporte para amostra, de isopor tubular meia lua, para modelo SkyScan 1176 e 1172 (Bruker-microCT, Kontich, Bélgica) (Figura 5B). Este conjunto foi levado à cama de fibra de carbono no interior do microtomógrafo de forma que a face mesial dos espécimes ficasse disposta para o lado da tela *touch screen* do aparelho (Figura 5C) com intuito de facilitar o

alinhamento (sobreposição) das imagens adquiridas durante as etapas posteriores deste estudo. Assim, em seguida, deu-se início ao escaneamento nos parâmetros de 90 kV, 278 mA, resolução isotrópica de 8,6 mm, 180° de rotação em torno do eixo vertical com passo de rotação de 0,4°, quantidade total de 2 quadros (*frames*), utilizando filtro de cobre de 0,1 mm de espessura.

Figura 5. (A) Microtomógrafo SkyScan modelo 1176 (SkyScan, Kontich, Bélgica). (B) Grupos de 10 espécimes, identificados na raiz mesial com caneta permanente inseridos em tira de cera e posicionados no meio do suporte para amostra de isopor tubular meia lua. (C) Posicionamento do suporte com os espécimes no interior do microtomógrafo.

As projeções bidimensionais das imagens geradas foram arquivadas no formato *Tagged Image File* (TIFF). Ao término do escaneamento, os espécimes foram novamente armazenados em estufa (37°C, 95% umidade relativa).

Assim como descrito anteriormente, a etapa seguinte consistiu na reconstrução das secções axiais a partir das imagens das projeções angulares por meio do algoritmo de reconstrução de feixe cônico de Feldkamp modificado, usando o programa NRecon v.1.6.6.0 (Bruker-microCT, Kontich, Bélgica). Sendo assim, foi aplicada uma redução de artefatos em forma de anel (*Ring Artifact*) no valor de 7 (escala de 0-20), de endurecimento de feixe (*Beam Hardening*) no percentual de 15% (escala de 0 a 100%), de suavização (*Smoothing*) no valor de 5 (escala de 0 a 10) e com o histograma de contraste variando de 0,00007 (valor mínimo) a 0,025 (valor máximo). As secções axiais reconstruídas foram salvas em formato *Joint Photographic Experts Group* (JPEG).

Após a reconstrução, realizou-se o processamento e análise das imagens com auxílio do programa CTAn v.1.14.4.1+ (Bruker-microCT, Kontich, Bélgica). O volume de interesse (VOI) foi definido como o SCR da raiz mesial, composto pelos canais mesiais e área de istmo, estendendo-se desde o nível de bifurcação dos canais a partir da região de furca até o forame apical. Por meio da ferramenta *Custom Processing*, uma sequência de *plug-ins (task list)* (Anexo 3) foi aplicada e por meio do *plug-in Save Bitmaps*, as imagens iniciais do SCR binarizado foram salvas em um novo diretório. Este novo diretório foi carregado no mesmo programa e, por meio da ferramenta *Custom Processing*, uma sequência de *plug-ins (task list)* (Anexo 4) foi novamente aplicada e obtiveram-se os dados morfométricos tridimensionais de volume (mm³) e da área de superfície (mm²) e o modelo tridimensional do SCR da raiz mesial. Ainda no mesmo programa, o comprimento do canal radicular também foi obtido.

Preparo dos canais radiculares

Após o exame microtomográfico inicial, cada espécime teve os canais acessados com auxílio de broca esférica número 3 e broca Endo Z acionadas por motor em alta rotação (Kavo, Joinville, SC, Brasil). Cada canal mesial foi irrigado com 1 mL de água destilada usando-se agulha NaviTip calibre 30 (Ultradent Products Inc., South Jordan, UT, EUA) adaptada a seringa plástica descartável (Ultradent Products Inc., South Jordan, UT, EUA) (Figura 6A). A exploração dos canais foi realizada com lima manual pré-curvada #10 tipo K de aço inóx (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Suíça) que foi cuidadosamente introduzida no interior do canal até que sua ponta coincidisse com o forame apical, confirmando a patência dos canais (Figura 6B). Dessa medida, subtraiu-se 0,5 mm para o estabelecimento do

comprimento de trabalho (CT). Em seguida, o forame apical foi selado com resina composta fotopolimerizável para criar um sistema apical fechado (Figura 6C). O preparo cervical foi realizado com brocas Gates-Glidden #2 e #3 (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Suíça), acionadas por contra-ângulo e micromotor em baixa rotação (Kavo, Joinville, SC, Brasil), e introduzidas uma única vez no sentido do longo eixo do canal até a profundidade correspondente a um terço do CT (Figura 6D).

Figura 6. (A) Irrigação inicial do canal radicular com 1 mL de água destilada usando-se seringa plástica e agulha NaviTip. (B) Exploração inicial do canal com lima #10 tipo K e determinação do comprimento de trabalho 0,5 mm aquém da saída do forame apical. (C) Selamento do ápice da raiz mesial com resina fotopolimerizável, criando um sistema apical fechado. (D) Preparo do terço cervical com broca Gates-Glidden em baixa rotação até a profundidade de 1/3 do CT.

A patência foi realizada no comprimento de trabalho, usando o instrumento ProGlider (#16.02; Dentsply Maillefer) (Figura 7A) em rotação contínua (300 rpm; torque de 2 N.cm). Os canais foram preparados pela técnica de instrumentação por movimento recíprocante com a sequência de instrumentos WaveOne Small (#21.06) e Primary (#25.08) (Dentsply Maillefer) (Figura 7B). O acionamento mecânico dos

instrumentos foi realizado com o contra-ângulo redutor 6:1 Sirona (SN 25185; VDW GmbH, Munique, Alemanha) acoplado ao micromotor SMR 114058 (VDW GmbH, Munique, Alemanha) que, por sua vez, estava conectado ao motor elétrico VDW Silver (VDW GmbH, Munique, Alemanha). Os canais foram preparados seguindo-se as recomendações do fabricante após a seleção, na tela do aparelho, dos parâmetros pré-definidos de torque e velocidade correspondentes ao sistema WaveOne (Figura 7C). Os instrumentos foram usados de forma passiva, com movimento de bicada e, a cada 3 avanços, foram retirados do canal e limpos com gaze. Estes passos foram repetidos até atingir o CT.

Figura 7. (A) Instrumento ProGlider. (B) Sequência do sistema WaveOne disposta de cima para baixo: Small #21.06 e Primary #25.08. (C) Programação no visor do Motor VDW Silver referente à instrumentação com o sistema WaveOne.

Durante todo o preparo, foram realizadas a irrigação e aspiração ao nível do orifício da entrada dos canais radiculares utilizando agulha Navitip calibre 30 (Ultradent Products Inc., South Jordan, UT, EUA), adaptada a seringa plástica descartável, totalizando 5 mL de água destilada em cada canal. A irrigação e aspiração intracanal não foram realizadas, a fim de possibilitar o acúmulo de debris em áreas de difícil acesso do SCR. Em seguida, cada canal foi ligeiramente seco com cones de papel absorvente (WaveOne Small; Dentsply Maillefer).

Exame microtomográfico pós-preparo

Os espécimes foram, então, submetidos ao exame microtomográfico pós-preparo seguindo-se os protocolos de escaneamento e reconstrução descritos previamente no exame microtomográfico inicial.

Antes da análise morfológica tridimensional quali-quantitativa dos canais radiculares preparados, as imagens de cada espécime, obtidas no exame microtomográfico pós-preparo, foram alinhadas (sobrepostas) em relação àquelas obtidas no exame microtomográfico inicial (antes do preparo), por meio da ferramenta *co-registration* no programa DataViewer v.1.5.1.2 (Bruker-microCT, Kontich, Bélgica). Por convenção, o conjunto de dados obtidos previamente ao preparo foi considerado fixo, fazendo-se o registro do conjunto de dados após o preparo, em relação ao primeiro. Este novo registro alinhado de dados, de cada espécime, após o preparo foi salvo em um novo diretório. Além disso, também foi salvo um novo diretório do conjunto de dados da variação (diferença) entre o conjunto de dados dos espécimes obtidos antes e após o preparo (*Image Difference*).

Depois de garantido o alinhamento dos espécimes, realizou-se o processamento e análise das imagens pós-preparo, com auxílio do programa CTAn v.1.14.4.1+ (Bruker-microCT, Kontich, Bélgica). O VOI utilizado foi o mesmo definido na análise do exame microtomográfico inicial. Por meio da ferramenta *Custom Processing*, uma sequência de *plug-ins (task list)* (Anexo 3) foi aplicada e as imagens do SCR pós-preparo foram binarizadas e salvas em novo diretório. Contudo, devido à presença de debris dentinários em áreas não alcançadas durante o preparo, estas áreas não são detectadas no processo de binarização do SCR. Assim, para se obter a real imagem do SCR após o preparo, as imagens binarizadas

iniciais e pós-preparo do canal radicular foram somadas. Para isso, o diretório das imagens binarizadas do canal radicular inicial foram novamente carregadas no programa CTAn v.1.14.4.1+ (Bruker-microCT, Kontich, Bélgica) e o diretório das imagens binarizadas do canal radicular pós-preparo foram carregadas como região de interesse. Assim, por meio do *plug-in Arithmetical operations* na ferramenta *Custom Processing* (Anexo 5), obteve-se a imagem binarizada real do canal radicular pós preparo (Figura 8), assim como foram obtidos os dados morfométricos tridimensionais de volume (mm^3) e da área de superfície (mm^2), e o modelo tridimensional do SCR pós-preparo (imagens binarizadas somadas) por meio de uma sequência de *plug-ins* na ferramenta *Custom Processing* (Anexo 4).

Figura 8. Representação esquemática das operações matemáticas realizadas na ferramenta *Custom processing* para a análise do canal radicular preparado na presença de debris dentinários acumulados. (A) Secções axiais e (B) imagens binárias do canal radicular obtidas no (1) exame microtomográfico inicial, (2) exame microtomográfico pós-preparo e (3) após a aplicação do plug-in *Arithmetical operations* representando a imagem real do canal radicular pós-preparo, evidenciando as áreas não detectadas no processo de binarização devido à presença de debris dentinários.

Para a avaliação do volume de debris dentinários acumulados (DDA) após o preparo dos canais foi utilizado o conjunto de dados da variação (diferença) entre

dados obtidos antes e após o preparo (*Image Difference*) no programa CTAn v.1.14.4.1+ (Bruker-microCT, Kontich, Bélgica) (Figura 9A). O VOI foi definido como o diretório da imagem binarizada do SCR pós-preparo (bitmaps somados) (Figura 9B). A presença de um material com densidade semelhante à dentina em regiões do canal radicular preparado foi considerada como debris e quantificada (Figura 9C) (PAQUÉ et al., 2009; ROBINSON et al., 2012). O volume total de DDA pós-preparo foi calculado em milímetro cúbico (mm³) e expresso como a percentagem do volume total do sistema de canais radiculares após o preparo (%vol).

Figura 9. Análise do DDA no programa CTAn v.1.14.4.1+. (A) Imagem 2D da diferença entre o conjunto de dados dos espécimes obtidos antes e após o preparo (*Image Difference*). (B) Imagem binarizada do canal radicular pós-preparo como VOI de (A). (C) Imagem binária correspondente ao material com densidade semelhante à dentina em regiões do canal radicular preparado considerada como debris.

Parte 3. Avaliação microtomográfica do volume de debris dentinários removidos

Grupos experimentais

A fim de melhorar a validade interna do experimento, a composição dos grupos experimentais foi realizada por meio da técnica de amostragem estratificada. Para tanto, os 40 molares já preparados foram combinados em 10 grupos de 4 dentes com base nos aspectos morfológicos do sistema de canais radiculares (configuração, comprimento, volume e área de superfície inicial) e %vol de DDA pós-

preparo. Em seguida, um dente de cada grupo foi distribuído aleatoriamente a cada um dos 4 grupos experimentais ($n = 10$). Esta distribuição possibilitou a formação de grupos experimentais homogêneos e representativos da variabilidade anatômica da raiz mesial dos molares inferiores, como evidenciado na Tabela I.

Tabela I. Dados morfológicos do SCR (média $\pm$ desvio-padrão) da raiz mesial e %vol de DDA após o preparo de 40 molares inferiores distribuídos nos 4 grupos experimentais.

		Grupo PAP (n=10)		Grupo IUP (n=10)		Grupo SAF (n=10)		Grupo XPF (n=10)	
Parâmetros		Média $\pm$ DP	Variação	Média $\pm$ DP	Variação	Média $\pm$ DP	Variação	Média $\pm$ DP	Variação
SCR	Comprimento (mm)	9,52 $\pm$ 1,03	7,86-10,85	9,40 $\pm$ 1,36	7,37-11,75	9,71 $\pm$ 1,41	6,94-12,13	9,53 $\pm$ 1,20	7,72-11,51
	Volume (mm ³)	6,62 $\pm$ 2,14	3,97-10,84	6,77 $\pm$ 2,62	4,05-10,56	6,88 $\pm$ 1,91	3,96-9,44	6,73 $\pm$ 2,39	3,66-12,18
	Área de Superfície (mm ²)	60,43 $\pm$ 14,21	38,68-86,25	60,67 $\pm$ 12,97	48,07-82,07	65,20 $\pm$ 15,97	34,12-86,62	61,77 $\pm$ 16,69	40,95-97,17
DDA	Volume (%)	7,00 $\pm$ 3,01	2,68-10,67	8,82 $\pm$ 2,89	4,47-12,77	7,28 $\pm$ 2,61	2,94-10,62	7,54 $\pm$ 2,61	3,01-11,07

* Ausência de diferença estatística entre os grupos (ANOVA, $p > 0,05$).

PAP: pressão apical positiva; IUP: irrigação ultrassônica passiva; SAF: Self-adjusting File; XPF: XP-endo Finisher.

DDA: debris dentinário acumulados

SCR: sistema de canais radiculares

Os grupos experimentais (n=10) foram estabelecidos de acordo com o protocolo utilizado para irrigação final ou finalização de preparo após a instrumentação dos canais radiculares, que foi realizado dentro de 2 minutos usando um total de 5,5 mL de hipoclorito de sódio 2,5% por canal, conforme descrição a seguir:

Irrigação por pressão apical positiva (Grupo PAP): inicialmente, 0,5 mL de hipoclorito de sódio 2,5% foi dispensado no interior do canal usando a técnica de irrigação convencional seringa/agulha e deixado por um minuto. Em seguida, a irrigação foi realizada com 5 mL de hipoclorito de sódio 2,5% utilizando uma agulha Navitip de calibre 30 (Ultradent Products Inc., South Jordan, UT, EUA), adaptada à seringa plástica descartável (Ultradent Products Inc., South Jordan, UT, EUA) inserida a 2 mm do comprimento de trabalho, em movimentos suaves de vai-e-vem durante um minuto (Figura 10).

Figura 10. (A) Seringa plástica de 5 mL (Ultradent Products Inc., South Jordan, UT, EUA). (B) Agulha irrigadora Navitip (Ultradent, South Jordan, UT, EUA).

Irrigação ultrassônica passiva (Grupo IUP): Inicialmente, 0,5 mL de hipoclorito de sódio 2,5% foi dispensado no interior do canal e agitado ultrassonicamente com inserto não cortante (#20, taper 0.01) de 18 mm de aço inoxidável (E1-Irrisonic,

Helse Dental Technology, Santa Rosa de Viterbo, SP, Brasil), acionado por 20 segundos por uma unidade ultrassônica piezoelétrica (P100, EMS – Electro Medical System, Suíça) na potência de 10%, a 2 mm do CT, em suaves movimentos de vai-e-vem evitando tocar as paredes do canal. Em seguida, os canais foram irrigados com 1,67 mL de hipoclorito de sódio 2,5% durante 20 segundos e ativado por outros 20 segundos. Este último procedimento foi repetido e, em seguida, uma irrigação final foi realizada com 1,67 mL de hipoclorito de sódio 2,5% durante 20 segundos. Um total de 5 mL de hipoclorito de sódio 2,5% foi usado por canal durante um minuto de ativação (3 ciclos de 20 segundos). A irrigação dos canais foi realizada usando a técnica de irrigação convencional seringa/agulha seguindo o mesmo protocolo descrito no grupo PAP (Figura 11).

Figura 11. (A) Unidade ultrassônica piezoelétrica (P100, EMS – Electro Medical System, Suíça) ajustada na potência de 10%. (B) Inserto E1-Irrisonic (Helse Dental Technology, Santa Rosa de Viterbo, SP, Brasil) conectado.

Finalização do preparo com Self-Adjusting File (Grupo SAF): inicialmente 0,5 mL de hipoclorito de sódio a 2,5% foi dispensado no interior do canal usando a técnica de irrigação convencional seringa/agulha e deixado por um minuto. Em seguida, um

instrumento SAF de 1,5 mm de diâmetro, acoplado a um contra-ângulo vibratório RDT3 (Redent-Nova Inc., Ra'anana, Israel) e conectado a uma peça de mão (GentlePower Lux 20LP; KaVo, Biberach, Alemanha) foi inserido de forma passiva no canal radicular no CT. O motor foi acionado e, através de um movimento constante de vibração (5.000 vibrações por minuto) com amplitude de 0,4 mm, o instrumento foi utilizado em movimento curto de penetração e retrocesso com leve pressão apical no comprimento de trabalho durante um minuto. Durante todo este processo, o instrumento esteve conectado a um dispositivo especial de irrigação (VATEA; Redent-Nova Inc., Ra'anana, Israel), por meio de um tubo de silicone, fornecendo um fluxo contínuo de hipoclorito de sódio a 2,5%, a uma vazão de 5 mL por minuto (Figura 12).

Figura 12. (A) Instrumento Self-Adjusting File (SAF). (B) SAF acoplada no contra-ângulo RDT3 e conectada ao sistema de irrigação VATEA por meio do tubo de silicone. (C) Dispositivo especial de irrigação VATEA (VATEA; Redent-Nova Inc., Ra'anana, Israel).

Finalização do preparo com XP-endo Finisher (Grupo XPF): um instrumento XP-endo Finisher, mantido no interior do seu tubo plástico, foi adaptado a um contra-ângulo redutor 6:1 Sirona (SN 25185; VDW GmbH, Munique, Alemanha) acoplado ao micro-motor SMR 114058 (VDW GmbH, Munique, Alemanha) que, por sua vez, estava conectado ao motor elétrico VDW Silver (VDW GmbH, Munique, Alemanha). Ainda no interior do tubo plástico, o instrumento foi resfriado com spray refrigerante

(Endo-Frost; Roeko, Langenau, Alemanha) e removido do tubo aplicando um movimento lateral em rotação. A rotação foi desligada e o instrumento foi introduzido no canal radicular previamente inundado com 0,5 mL de hipoclorito de sódio 2,5%. A rotação foi acionada novamente (800 rpm; torque de 1 N.cm) e o instrumento foi usado com movimentos longitudinais suaves e de pequena amplitude (7-8 mm) até o comprimento total do canal durante 1 minuto. Após isso, o instrumento XP-endo Finisher foi removido do interior do canal radicular em rotação e a irrigação final dos canais foi realizada com 5 mL de hipoclorito de sódio a 2,5% usando a técnica de irrigação convencional seringa/agulha seguindo o mesmo protocolo descrito no grupo PAP (Figura 13).

Figura 13. (A) Instrumento XP-endo Finisher armazenado dentro do tubo plástico para sua forma reta ser mantida ou restaurada e o comprimento de trabalho definido. (B) Instrumento XP-endo Finisher fora do tubo plástico. (C) Instrumento XP-endo Finisher adaptado a um contra-ângulo (VDW GmbH) resfriado com spray refrigerante (Endo-Frost; Roeko, Langenau, Alemanha). (D) Programação no visor do Motor VDW Silver referente aos parâmetros de velocidade e torque recomendados pelo fabricante.

Em todos os grupos descritos acima, após os procedimentos experimentais, a solução irrigadora foi aspirada na embocadura dos canais e os canais radiculares foram ligeiramente secos com uma ponta de papel absorvente (WaveOne Small; Dentsply Maillefer).

Exame microtomográfico final

Após os protocolos experimentais de irrigação final ou finalização de preparo, foi realizado o exame microtomográfico final utilizando os mesmos protocolos de

escaneamento, reconstrução, alinhamento (sobreposição) e análise descritos previamente no exame microtomográfico pós-preparo deste estudo. As imagens obtidas dos espécimes no exame microtomográfico final foram alinhadas (sobreposição) em relação àquelas obtidas no exame microtomográfico inicial (antes do preparo). Dessa forma, após a análise no programa CTAn, obteve-se o volume total de DDA após os protocolos de irrigação final ou finalização de preparo, calculado em milímetro cúbico (mm^3), e expresso como a percentagem do volume total do sistema de canais radiculares (%vol). Além disso, foi calculada a diferença entre o volume de DDA após o preparo e após irrigação final ou finalização de preparo, que foi expresso em percentual de redução do volume de DDA.

Para a comparação qualitativa dos canais radiculares antes e após os procedimentos experimentais, os modelos tridimensionais obtidos em cada exame microtomográfico foram avaliados no programa CTVol 2.2.3.0 (SkyScan, Kontich, Bélgica), nos quais as cores verde e vermelho indicam, respectivamente, superfícies do canal antes e após o preparo, e a cor preta representa a presença de debris.

Análise estatística

Os dados obtidos apresentaram distribuição normal (teste de Shapiro-Wilk) e homogeneidade (teste de Levene). Dessa forma, os resultados foram expressos em valores médios (e desvios-padrão) e comparados entre grupos utilizando o teste one-way ANOVA e pós teste de Tukey. O programa SPSS v17.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, EUA) foi utilizado para análise estatística, com nível de significância de 5%.

RESULTADOS

Avaliação quantitativa dos debris dentinários

A média de volume e de área de superfície dos canais radiculares, antes e após o preparo, não apresentou diferença estatística entre os grupos ($p>0,05$), o que confirma o padrão de homogeneidade anatômica da amostra em cada grupo (Tabela II).

Os valores originais dos dados morfométricos tridimensionais de volume e área de superfície inicial e após o preparo, estão apresentados nos Apêndices B a E.

Tabela II. Dados morfométricos tridimensionais de volume e área de superfície (média $\pm$ desvio-padrão) do sistema de canais radiculares da raiz mesial de 40 molares inferiores obtidos nos exames microtomográficos inicial e pós-preparo.

		Grupo PAP (n=10)		Grupo IUP (n=10)		Grupo SAF (n=10)		Grupo XPF (n=10)	
		Média $\pm$ DP	Variação	Média $\pm$ DP	Variação	Média $\pm$ DP	Variação	Média $\pm$ DP	Variação
Volume (mm ³)	Inicial	6,62 $\pm$ 2,14	3,97-10,84	6,77 $\pm$ 2,62	4,05-10,56	6,88 $\pm$ 1,91	3,96-9,44	6,73 $\pm$ 2,39	3,66-12,18
	Após Preparo	10,05 $\pm$ 2,12	7,31-14,06	10,03 $\pm$ 3,22	6,35-15,47	10,78 $\pm$ 1,24	8,85-12,81	9,88 $\pm$ 2,76	6,89-16,29
Área de Superfície (mm ²)	Inicial	60,43 $\pm$ 14,21	38,68-86,25	60,67 $\pm$ 12,97	48,07-82,07	65,20 $\pm$ 15,97	34,12-86,62	61,77 $\pm$ 16,69	40,95 - 97,17
	Após Preparo	66,14 $\pm$ 12,61	44,48-90,57	68,75 $\pm$ 13,04	54,67-88,70	73,92 $\pm$ 15,65	42,96-91,92	66,45 $\pm$ 13,03	49,01-89,18

One-way ANOVA ($p > 0,05$).

PAP: pressão apical positiva; IUP: irrigação ultrassônica passiva; SAF: Self-Adjusting File; XPF: XP-Endo Finisher.

Os valores de volume e percentual de volume de DDA obtidos após o preparo e após os protocolos de irrigação final ou de finalização de preparo estão dispostos na Tabela III. Em todos os grupos, o preparo dos canais radiculares com sistema reciprocante produziu DDA no interior do SCR, ocupando um percentual em relação ao volume do canal que variou de $7,00 \pm 3,01\%$ a $8,82 \pm 2,89\%$.

A redução de DDA foi observada em todos os grupos após os protocolos de irrigação final ou de finalização de preparo, porém nenhum dos protocolos utilizados reduziu 100% do volume de DDA. Os grupos IUP e XPF apresentaram as menores médias de volume e percentual de volume (%vol) de DDA após os protocolos de irrigação final ou de finalização de preparo ($0,05 \pm 0,06 \text{ mm}^3$ e $0,61 \pm 0,75\%$; e $0,08 \pm 0,09 \text{ mm}^3$ e $0,81 \pm 1,03\%$, respectivamente) comparado aos grupos PAP e SAF ($0,36 \pm 0,13 \text{ mm}^3$ e $3,73 \pm 1,59\%$; e $0,47 \pm 0,23 \text{ mm}^3$ e $4,31 \pm 1,87\%$, respectivamente) ($p < 0,05$).

Corroborando com estes resultados, o percentual de redução de DDA foi maior nos grupos IUP e XPF ($94,05 \pm 7,21\%$ e $89,67 \pm 10,96\%$, respectivamente) comparado aos grupos PAP e SAF ($45,74 \pm 15,76\%$ e $41,26 \pm 9,96\%$, respectivamente) ($p < 0,05$). Não foi observada diferença estatística em relação ao volume, ao percentual de volume e ao percentual de redução de DDA após os protocolos de irrigação final ou de finalização de preparo comparando os resultados dos grupos IUP e XPF ($p > 0,05$) ou dos grupos PAP e SAF ($p > 0,05$).

Os valores originais de volume e percentual de volume e de redução de DDA após o preparo e após os protocolos de irrigação final ou de finalização de preparo estão apresentados nos Apêndices F a I.

Tabela III. Dados de debris dentinários (médias $\pm$ desvio-padrão) do sistema de canais radiculares da raiz mesial de 40 molares inferiores obtidos nos exames microtomográficos pós-preparo e final.

		Grupo PAP (n=10)		Grupo IUP (n=10)		Grupo SAF (n=10)		Grupo XPF (n=10)	
		Média $\pm$ DP	Variação	Média $\pm$ DP	Variação	Média $\pm$ DP	Variação	Média $\pm$ DP	Variação
Volume (mm ³)	Após Preparo	0,67 $\pm$ 0,26	0,31-1,11	0,81 $\pm$ 0,12	0,59-1,02	0,79 $\pm$ 0,30	0,29- 1,19	0,72 $\pm$ 0,25	0,32-1,13
	Após Irrigação final/finalizaçã o do preparo	0,36 $\pm$ 0,13^b	0,08-0,53	0,05 $\pm$ 0,06^a	0,00-0,19	0,47 $\pm$ 0,23^b	0,20-0,84	0,08 $\pm$ 0,09^a	0,00-0,27
Volume (%)	Após Preparo	7,00 $\pm$ 3,01	2,68-10,67	8,82 $\pm$ 2,89	4,47-12,77	7,28 $\pm$ 2,61	2,94-10,62	7,54 $\pm$ 2,61	3,01-11,07
	Após Irrigação final/finalizaçã o do preparo	3,73 $\pm$ 1,59^b	0,69-5,77	0,61 $\pm$ 0,75^a	0,00-2,48	4,31 $\pm$ 1,87^b	2,03-7,14	0,81 $\pm$ 1,03^a	0,02-3,27
Redução (%)	Após Irrigação final/finalizaçã o do preparo	45,74 $\pm$ 15,76^b	24,44-74,19	94,05 $\pm$ 7,21^a	75,95-99,95	41,26 $\pm$ 9,96^b	29,41 - 56,25	89,67 $\pm$ 10,96^a	63,01 - 99,75

Diferentes letras sobrescritas em negrito na mesma linha indicam diferença estatística entre os grupos (teste de Tukey, $p < 0,05$).

PAP: pressão apical positiva; IUP: irrigação ultrassônica passiva; SAF: Self-adjusting File; XPF: XP-endo Finisher.

Avaliação qualitativa dos debrís dentinários

As Figuras 14 a 17 mostram os modelos tridimensionais representativos e secções axiais do SCR da raiz mesial nas diferentes etapas do presente estudo. A análise qualitativa evidenciou que, após o preparo dos canais radiculares, a maioria dos debrís se acumulou nas áreas não tocadas pelos instrumentos, tais como istmos e achatamentos.

Nos modelos tridimensionais representativos e secções axiais do SCR após os protocolos de irrigação final ou de finalização de preparo, em geral, houve maior redução dos DDA nos grupos IUP e XPF e estes permaneceram localizados principalmente nos terços apical e cervical, respectivamente. Já nos grupos PAP e SAF, os DDA tiveram menor redução em relação ao pós-preparo e se distribuíram nos terços médio e apical em ambos os grupos. No grupo SAF observou-se presença de DDA após finalização do preparo em locais diferentes da etapa após o preparo.

Os modelos tridimensionais de todos os espécimes dos grupos experimentais após o preparo e após os protocolos de irrigação final ou de finalização de preparo estão apresentados nos Apêndices de J a M.

Figura 14. Visão distal de modelos tridimensionais representativos do sistema de canais radiculares da raiz mesial de dois molares inferiores antes (em verde) e após (em vermelho) o preparo com sistema recíprocante e após a irrigação final com pressão apical positiva. Os debrís dentinários acumulados (DDA) estão representados em preto. Secções axiais do terço cervical (c), médio (m) e apical (a) mostram o canal radicular antes do preparo e a presença de DDA após o preparo e após a irrigação final com pressão apical positiva.

Figura 15. Visão distal de modelos tridimensionais representativos do sistema de canais radiculares da raiz mesial de dois molares inferiores antes (em verde) e após (em vermelho) o preparo com sistema recíprocante e após a irrigação final com irrigação ultrassônica passiva. Os debrís dentinários acumulados (DDA) estão representados em preto. Seções axiais do terço cervical (c), médio (m) e apical (a) mostram o canal radicular antes do preparo e a presença de DDA após o preparo e após a irrigação final com irrigação ultrassônica passiva.

Figura 16. Visão distal de modelos tridimensionais representativos do sistema de canais radiculares da raiz mesial de dois molares inferiores antes (em verde) e após (em vermelho) o preparo com sistema recíprocante e após finalização do preparo com sistema Self-adjusting file (SAF). Os debrís dentinários acumulados (DDA) estão representados em preto. Secções axiais do terço cervical (c), médio (m) e apical (a) mostram o canal radicular antes do preparo e a presença de DDA após o preparo e após a finalização do preparo com SAF.

Figura 17. Visão distal de modelos tridimensionais representativos do sistema de canais radiculares da raiz mesial de dois molares inferiores antes (em verde) e após (em vermelho) o preparo com sistema recíprocante e após a finalização do preparo com instrumento XP-endo Finisher. Os debris dentinários acumulados (DDA) estão representados em preto. Secções axiais do terço cervical (c), médio (m) e apical (a) mostram o canal radicular antes do preparo e a presença de DDA após o preparo e após a finalização do preparo com instrumento XP-endo Finisher.

DISCUSSÃO

A remoção do tecido pulpar e a eliminação dos microrganismos e suas toxinas do SCR são os principais objetivos da terapia endodôntica. No entanto, o preparo biomecânico não é eficiente na total remoção de remanescentes orgânicos e inorgânicos dos canais radiculares, principalmente em canais achatados e áreas de istmos, que nem sempre são acessíveis aos instrumentos endodônticos e soluções irrigadoras, favorecendo a permanência de remanescentes teciduais e bacterianos (BARBIZAM et al., 2002; FARINIUK et al., 2003; BARATTO-FILHO et al., 2004; PETERS, 2004; METZGER et al., 2010; PAQUÉ; AL-JADAA; KFIR, 2012).

Pesquisas clínicas mostram que a presença de istmos em molares inferiores é fortemente associada ao insucesso do tratamento endodôntico (VON ARX, 2005; CARR et al., 2009; GU et al., 2009b; VON ARX; STEINER; TAY, 2011), provavelmente em função da manutenção de restos necróticos, remanescentes teciduais ou substratos orgânicos que podem nutrir o crescimento de microrganismos (GU et al., 2009b), pois o istmo constitui um dos desafios clínicos mais difíceis quanto à limpeza e desinfecção (SUSIN et al., 2010).

Somado a estes, outro fator associado à dificuldade de limpeza e desinfecção, durante o tratamento endodôntico pela presença do istmo, é o acúmulo de debris dentinários resultantes das técnicas de preparo (DE-DEUS et al., 2014), que potencialmente abrigam bactérias dentro do canal radicular (NAIR et al., 2005).

A presença de DDA nos istmos pode também impedir o acesso da solução irrigadora nessa área o que interfere na sua ação de desinfecção e neutralização bacteriana (PAQUÉ; RECHENBERG; ZEHNDER, 2012). Desse modo, torna-se importante o aprimoramento dos protocolos de irrigação final e de finalização do preparo biomecânico com objetivo de prevenir a formação ou melhorar a remoção dos DDA (GU et al., 2009a; HAAPASALO et al., 2014).

Neste estudo, raízes mesiais de molares inferiores com SCR com istmo foram selecionadas por meio de micro-TC. Além da análise qualitativa para seleção da amostra, este método permitiu a amostragem estratificada dos espécimes nos grupos experimentais baseada na obtenção de dados quantitativos dos canais radiculares, garantindo distribuição homogênea em relação à variabilidade anatômica. Segundo DE-DEUS (2012), a análise por micro-TC permite criteriosa seleção da amostra com formação de grupos experimentais equilibrados possibilitando estudos com maior acuidade (VERSIANI et al., 2013; DE-DEUS et al., 2015; MARCELIANO-ALVES et al., 2015; VERSIANI et al., 2015).

A micro-TC permitiu avaliar a presença de debris dentinários produzidos durante preparo biomecânico seguindo metodologia proposta por PAQUÉ et al. (2009). Deve-se destacar que o escaneamento dos espécimes foi realizado em microtomógrafo que permite alta radiação (microtomógrafo SkyScan modelo 1176), uma vez que os tecidos dentários atenuam facilmente os raios-X, interferindo na imagem de debris obtida (PAQUÉ et al., 2009; ROBINSON et al., 2012). Nesse sentido, foi utilizada neste estudo a definição de DDA proposta por PAQUÉ et al. (2009), como a presença de material com densidade semelhante à dentina em áreas do canal radicular ocupadas por ar antes do preparo, somada à definição por ROBINSON et al. (2012), como a área dos pixels que eram ocupados por ar e então tornaram-se dentina.

Ainda em relação à metodologia empregada neste estudo, a produção de debris dentinários foi realizada pelo preparo dos canais com sistema recíprocante. Quando instrumentos rotatórios são utilizados em uma secção circular do canal radicular, as partículas de dentina cortadas são carregadas coronalmente pelas zonas de escape do instrumento. Porém, esta remoção é menos efetiva quando o

instrumento atua em um canal adjacente a um istmo. Deste modo, ao invés de ser carregado coronalmente, os debris dentinários são empurrados para a área de menor resistência, no caso, o istmo (PAQUÉ et al., 2009; PAQUÉ; AL-JADAA; KFIR, 2012). Este efeito de acúmulo de debris dentinários pode ser mais acentuado durante o preparo com o movimento recíprocante (DIETRICH; KIRKPATRICK; YACCINO, 2012; ROBINSON et al., 2013; FREIRE et al., 2015), pois cada movimento em rotação inversa do instrumento pode favorecer o acúmulo de debris em áreas de istmo. Além disso, o movimento recíprocante não permite a limpeza das lâminas de corte com dentina, o que poderia resultar em uma ação tipo polimento (JEON et al., 2003; RODIG; HÜLSMANN; KAHLMEIER, 2007), empurrando os debris dentinários nos istmos e reentrâncias (ROBINSON et al., 2013) ao invés de alojá-los nas zonas de escape do instrumento.

A análise qualitativa dos modelos tridimensionais confirmou a presença de DDA produzidos pelo preparo com sistema recíprocante, que se acumularam, especialmente, nas áreas de istmos e achatamentos, assim como reportado em outros estudos (PAQUÉ et al., 2009; ENDAL et al., 2011; PAQUÉ; BOESSLER; ZEHNDER, 2011; PAQUÉ; AL-JADAA; KFIR, 2012; DE-DEUS et al., 2014; VERSIANI et al., 2015).

Vale ressaltar que, no presente estudo, os ápices das raízes foram selados com resina para evitar extrusão de debris e proporcionar seu acúmulo durante o preparo e durante os protocolos experimentais, visto que em situações clínicas, a raiz está delimitada pelo tecido perirradicular e o canal se comporta como um sistema fechado durante a irrigação (SUSIN et al., 2010; TAY et al., 2010; ADCOCK et al., 2011; JOHNSON et al., 2012).

Os maiores percentuais de redução de DDA neste estudo foram observados com a irrigação ultrassônica passiva (IUP) (94,05%) e com instrumento XP-endo Finisher (89,67%), que foram estatisticamente semelhantes entre si e diferentes da redução obtida pela irrigação por pressão apical positiva (45,74%) e pelo uso do SAF (41,26%).

A IUP baseia-se na transmissão de energia acústica de um inserto a uma solução irrigadora no canal radicular por meio de ondas ultrassônicas (VAN DER SLUIS; WU; WESSELINK, 2005; VAN DER SLUIS et al., 2007) que, segundo VANSAN et al. (1990), promovem o turbilhonamento da solução causando aumentos e reduções na pressão hidrostática com formação de bolhas de cavitação que implodem e produzem aumento de temperaturas e pressões. Os trabalhos de PAQUÉ; BOESSLER; ZEHNDER (2011) e FREIRE et al. (2015) também verificaram redução de debris dentinários utilizando IUP em canais radiculares com istmo, por meio de micro-TC.

A redução de 89,67% do volume do DDA após o uso do XP-endo Finisher provavelmente está relacionada à desorganização dos debris nas áreas de istmo, uma vez que este instrumento apresenta alta flexibilidade associada à ação de chicote contra as paredes do canal radicular durante sua rotação, deslocando os tecidos e detritos que, assim, são removidos pela irrigação-aspiração da solução química. ŽIVKOVIĆ et al. (2015) também observaram que o uso deste instrumento reduziu a camada de *smear* após o preparo com instrumentos rotatórios em dentes unirradiculares.

A análise qualitativa mostrou que os debris dentinários remanescentes após o uso da IUP e XP-endo Finisher foram localizados, respectivamente, nos terços apical e cervical, o que pode estar relacionado ao mecanismo de ação e forma destes

dispositivos. A oscilação do inserto ultrassônico é reduzida em área de curvatura e de menor conicidade do canal (NUSSTEIN, 2015), dessa forma sua ação é menos efetiva no terço apical. Por outro lado, o instrumento XP-endo Finisher, quando introduzido no canal radicular, tem sua forma alterada para uma conformação de semi-círculo apenas nos últimos 10 mm, o que sugere uma ação mais efetiva no terço médio e apical durante o seu uso.

A irrigação convencional com seringa foi capaz de reduzir o percentual de volume de DDA em 45,74%, uma vez que a ação de movimentação da solução irrigadora criada pela pressão positiva é relativamente fraca, sem causar agitação da solução química (LEE; WU; WESSELINK, 2004; RÖDIG et al., 2010; BOUTSIOUKIS; VAN DER SLUIS, 2015). A literatura evidencia que a efetividade da irrigação por pressão apical positiva pode estar associada ao fluxo da solução e ao posicionamento da ponta da agulha no interior do canal.

A taxa de fluxo desempenha importante papel na remoção de debris do canal radicular. No presente estudo, a taxa de fluxo foi de 0,083 mL/s, uma vez que recente estudo mostrou que a máxima eficiência na renovação da solução foi alcançada no fluxo de 4 mL/min (ou 0,066 mL/s) (PARK et al., 2013), apesar de alguns autores recomendarem altas taxas de irrigação (-0,25 mL/s) em protocolos com pressão apical positiva (BOUTSIOUKIS et al., 2007; KHAN et al., 2013). Além disso, independente da taxa de fluxo, a movimentação da solução irrigadora quando da irrigação com seringa continua sendo laminar, onde existe um mínimo de agitação das várias camadas da solução, não sendo observada movimentação de turbulência (BOUTSIOUKIS; VAN DER SLUIS, 2015).

Quanto à posição da agulha, neste estudo utilizou-se agulha de ponta aberta posicionada a 2 mm do CT com suaves movimentos longitudinais, uma vez que

estudos mostram que a utilização de agulha de ponta aberta a uma distância de 2 a 3 mm do CT permite renovação da solução irrigadora na região apical e seu alcance em todo o CT evitando extrusão e permitindo o fluxo reverso da solução (SEDGLEY et al., 2005; HSIEH et al., 2007; BOUTSIOUKIS et al., 2010a; BOUTSIOUKIS et al., 2010b; BRONNEC; BOUILLAGUET; MACHTOU, 2010; PARK et al., 2013; BOUTSIOUKIS; VAN DER SLUIS, 2015).

Devido ao canal radicular se comportar como um sistema fechado, pode ocorrer a formação de bolhas na região apical (efeito “*vapor lock*”) durante a irrigação com pressão apical positiva, o que impede a solução irrigadora de alcançar efetivamente o comprimento de trabalho (TAY et al., 2010; JOHNSON et al., 2012; BOUTSIOUKIS et al., 2014; DE-DEUS et al., 2014; BOUTSIOUKIS; VAN DER SLUIS, 2015). Esse efeito pode ser minimizado com aumento da taxa de fluxo, uso de agulha com ponta aberta, inserção da agulha perto do CT e alargamento do canal (BOUTSIOUKIS et al., 2014; BOUTSIOUKIS; VAN DER SLUIS, 2015). Além disso, a bolha formada pode ser removida com suaves movimentos longitudinais da agulha no CT (BOUTSIOUKIS; VAN DER SLUIS, 2015).

O uso do SAF como instrumento de finalização do preparo biomecânico, como utilizado no presente estudo, teve resultado semelhante ao obtido pela pressão apical positiva, com menor percentual de redução de DDA, em função deste sistema promover a movimentação da solução irrigadora sem agitação da solução química, não sendo capaz de remover os debrís compactados nas áreas de istmo. Além disso, este sistema atua mecanicamente nas paredes do canal radicular por seu *design* e superfície abrasiva (METZGER et al., 2010), provocando a formação de debrís, o que pode ser observado na análise qualitativa dos modelos tridimensionais que mostram a presença de DDA após o uso do SAF em locais

diferentes da etapa pós-preparo. DIETRICH; KIRKPATRICK; YACCINO (2012), também utilizando o SAF para finalização do preparo biomecânico com instrumentos rotatórios, observaram redução de debris dentinários em região de istmo apical.

Cumprе salientar que, no presente estudo, o SAF foi utilizado para finalização do preparo biomecânico durante o período de um minuto, assim como descrito por DIETRICH; KIRKPATRICK; YACCINO (2012), ao contrário das orientações do fabricante que recomenda o uso deste instrumento por 4 minutos para preparo biomecânico total do canal radicular que, segundo METZGER et al. (2010); PAQUÉ; PETERS (2011); PETERS; PAQUÉ (2011) e VERSIANI; PÉCORA; SOUSA-NETO (2011), permite maior percentual de áreas do canal radicular preparadas, principalmente de canais achatados.

Considerando que anatomia dos istmos favorece densa deposição dos DDA durante o preparo biomecânico (PAQUÉ et al., 2009; PAQUÉ; AL-JADAA; KFIR, 2012; DE-DEUS et al., 2015), é importante observar que a eficácia da limpeza nesta região é dependente não apenas do alcance da solução irrigadora à região apical e em áreas não-instrumentadas do SCR, mas também da transmissão de energia para a solução irrigadora com objetivo de aumentar a força de deslocamento dos DDA (PAQUÉ et al., 2009; PAQUÉ; BOESSLER; ZEHNDER, 2011; PAQUÉ; AL-JADAA; KFIR, 2012).

Assim, a partir dos resultados deste estudo em que a irrigação final com IUP e finalização do preparo com XP-endo Finisher promoveram maior remoção de debris, torna-se importante estudar a associação destes protocolos, assim como também o uso de dispositivos de irrigação com pressão negativa, na remoção de debris de áreas de complexidades anatômicas do SCR.

CONCLUSÕES

Assim, com base na metodologia utilizada e nos resultados obtidos neste estudo, podemos concluir que:

1. Houve redução de DDA após os protocolos de irrigação final e de finalização do preparo biomecânico utilizados;
2. Os protocolos de irrigação ultrassônica passiva e finalização do preparo com XP-endo Finisher apresentaram os maiores percentuais de redução de DDA;
3. Os protocolos de irrigação por pressão apical positiva e finalização do preparo com SAF apresentaram os menores percentuais de redução de DDA;
4. Não foi observada diferença estatística entre os protocolos de IUP e XP-endo Finisher, e entre irrigação por pressão apical positiva e SAF em relação ao volume, percentual de volume e percentual de redução de DDA após irrigação;
5. Qualitativamente, os DDA remanescentes foram localizados principalmente no terço apical após o protocolo com IUP; no terço cervical após protocolo com XP-endo Finisher e nos terços médio e apical após irrigação por pressão apical positiva e SAF.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADCOCK, J. M.; SIDOW, S. J.; LOONEY, S. W.; LIU, Y.; MCNALLY, K.; LINDSEY, K.; TAY, F. R. Histologic evaluation of canal and isthmus debridement efficacies of two different irrigant delivery techniques in a closed system. **J Endod**, v. 37, n. 4, p. 544-548, 2011.

AHUJA, P.; NANDINI, S.; BALLAL, S.; VELMURUGAN, N. Effectiveness of four different final irrigation activation techniques on smear layer removal in curved root canals : a scanning electron microscopy study. **J Dent (Tehran)**, v. 11, n. 1, p. 1-9, 2014.

AKMAN, M.; AKBULUT, M. B.; AYDINBELGE, H. A.; BELLI, S. Comparison of different irrigation activation regimens and conventional irrigation techniques for the removal of modified triple antibiotic paste from root canals. **J Endod**, v. 41, n. 5, p. 720-724, 2015.

BARATTO-FILHO, F.; DE CARVALHO, J. R., JR.; FARINIUK, L. F.; SOUSA-NETO, M. D.; PÉCORA, J. D.; DA CRUZ-FILHO, A. M. Morphometric analysis of the effectiveness of different concentrations of sodium hypochlorite associated with rotary instrumentation for root canal cleaning. **Braz Dent J**, v. 15, n. 1, p. 36-40, 2004.

BARATTO-FILHO, F.; LEONARDI, D. P.; ZIELAK, J. C.; VANNI, J. R.; SAYAO-MAIA, S. M.; SOUSA-NETO, M. D. Influence of ProTaper finishing files and sodium hypochlorite on cleaning and shaping of mandibular central incisors--a histological analysis. **J Appl Oral Sci**, v. 17, n. 3, p. 229-233, 2009.

BARBIZAM, J. V.; FARINIUK, L. F.; MARCHESAN, M. A.; PÉCORA, J. D.; SOUSA-NETO, M. D. Effectiveness of manual and rotary instrumentation techniques for cleaning flattened root canals. **J Endod**, v. 28, n. 5, p. 365-366, 2002.

BOUTSIOUKIS, C.; KASTRINAKIS, E.; LAMBRIANIDIS, T.; VERHAAGEN, B.; VERSLUIS, M.; VAN DER SLUIS, L. W. Formation and removal of apical vapor lock during syringe irrigation: a combined experimental and Computational Fluid Dynamics approach. **Int Endod J**, v. 47, n. 2, p. 191-201, 2014.

BOUTSIOUKIS, C.; LAMBRIANIDIS, T.; KASTRINAKIS, E.; BEKIAROGLOU, P. Measurement of pressure and flow rates during irrigation of a root canal ex vivo with three endodontic needles. **Int Endod J**, v. 40, n. 7, p. 504-513, 2007.

BOUTSIOUKIS, C.; LAMBRIANIDIS, T.; VERHAAGEN, B.; VERSLUIS, M.; KASTRINAKIS, E.; WESSELINK, P. R.; VAN DER SLUIS, L. W. The effect of needle-insertion depth on the irrigant flow in the root canal: evaluation using an unsteady computational fluid dynamics model. **J Endod**, v. 36, n. 10, p. 1664-1668, 2010a.

BOUTSIOUKIS, C.; VAN DER SLUIS, L. W. M. Syringe irrigation: blending endodontics and fluid dynamics. In: **Endodontic irrigation: chemical disinfection of the root canal system**. Switzerland: Springer, p. 45-64, 2015.

BOUTSIOUKIS, C.; VERHAAGEN, B.; VERSLUIS, M.; KASTRINAKIS, E.; WESSELINK, P. R.; VAN DER SLUIS, L. W. Evaluation of irrigant flow in the root canal using different needle types by an unsteady computational fluid dynamics model. **J Endod**, v. 36, n. 5, p. 875-879, 2010b.

BRONNEC, F.; BOUILLAGUET, S.; MACHTOU, P. Ex vivo assessment of irrigant penetration and renewal during the final irrigation regimen. **Int Endod J**, v. 43, n. 8, p. 663-672, 2010.

CAMERON, J. A. The use of 4 per cent sodium hypochlorite, with or without ultrasound, in cleansing of uninstrumented immature root canals; SEM study. **Aust Dent J**, v. 32, n. 3, p. 204-213, 1987.

CARR, G. B.; SCHWARTZ, R. S.; SCHAUDINN, C.; GORUR, A.; COSTERTON, J. W. Ultrastructural examination of failed molar retreatment with secondary apical periodontitis: an examination of endodontic biofilms in an endodontic retreatment failure. **J Endod**, v. 35, n. 9, p. 1303-1309, 2009.

DAI, L.; KHECHEN, K.; KHAN, S.; GILLEN, B.; LOUSHINE, B. A.; WIMMER, C. E.; GUTMANN, J. L.; PASHLEY, D.; TAY, F. R. The effect of QMix, an experimental antibacterial root canal irrigant, on removal of canal wall smear layer and debris. **J Endod**, v. 37, n. 1, p. 80-84, 2011.

DE MELO RIBEIRO, M. V.; SILVA-SOUSA, Y. T.; VERSIANI, M. A.; LAMIRA, A.; STEIER, L.; PÉCORA, J. D.; DE SOUSA-NETO, M. D. Comparison of the cleaning efficacy of self-adjusting file and rotary systems in the apical third of oval-shaped canals. **J Endod**, v. 39, n. 3, p. 398-401, 2013.

DE PABLO, O. V.; ESTEVEZ, R.; PEIX SANCHEZ, M.; HEILBORN, C.; COHENCA, N. Root anatomy and canal configuration of the permanent mandibular first molar: a systematic review. **J Endod**, v. 36, n. 12, p. 1919-1931, 2010.

DE-DEUS, G. Research that matters - root canal filling and leakage studies. **Int Endod J**, v. 45, n. 12, p. 1063-1064, 2012.

DE-DEUS, G.; MARINS, J.; NEVES ADE, A.; REIS, C.; FIDEL, S.; VERSIANI, M. A.; ALVES, H.; LOPES, R. T.; PACIORNIK, S. Assessing accumulated hard-tissue debris using micro-computed tomography and free software for image processing and analysis. **J Endod**, v. 40, n. 2, p. 271-276, 2014.

DE-DEUS, G.; MARINS, J.; SILVA, E. J.; SOUZA, E.; BELLADONNA, F. G.; REIS, C.; MACHADO, A. S.; LOPES, R. T.; VERSIANI, M. A.; PACIORNIK, S.; NEVES, A. A. Accumulated hard tissue debris produced during reciprocating and rotary nickel-titanium canal preparation. **J Endod**, v. 41, n. 5, p. 676-681, 2015.

DIETRICH, M. A.; KIRKPATRICK, T. C.; YACCINO, J. M. In vitro canal and isthmus debris removal of the self-adjusting file, K3, and WaveOne files in the mesial root of human mandibular molars. **J Endod**, v. 38, n. 8, p. 1140-1144, 2012.

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**, v. 37, n. 2, p. 223-227, 2011.

FAN, B.; PAN, Y.; GAO, Y.; FANG, F.; WU, Q.; GUTMANN, J. L. Three-dimensional morphologic analysis of isthmuses in the mesial roots of mandibular molars. **J Endod**, v. 36, n. 11, p. 1866-1869, 2010.

FARINIUK, L. F.; BARATTO-FILHO, F.; DA CRUZ-FILHO, A. M.; DE SOUSA-NETO, M. D. Histologic analysis of the cleaning capacity of mechanical endodontic

instruments activated by the ENDOflash system. **J Endod**, v. 29, n. 10, p. 651-653, 2003.

FREIRE, L. G.; IGLECIAS, E. F.; CUNHA, R. S.; DOS SANTOS, M.; GAVINI, G. Micro-computed tomographic evaluation of hard tissue debris removal after different irrigation methods and its influence on the filling of curved canals. **J Endod**, v. 41, n. 10, p. 1660-1666, 2015.

GOODMAN, A.; READER, A.; BECK, M.; MELFI, R.; MEYERS, W. An in vitro comparison of the efficacy of the step-back technique versus a step-back/ultrasonic technique in human mandibular molars. **J Endod**, v. 11, n. 6, p. 249-256, 1985.

GU, L. S.; KIM, J. R.; LING, J.; CHOI, K. K.; PASHLEY, D. H.; TAY, F. R. Review of contemporary irrigant agitation techniques and devices. **J Endod**, v. 35, n. 6, p. 791-804, 2009a.

GU, L.; WEI, X.; LING, J.; HUANG, X. A microcomputed tomographic study of canal isthmuses in the mesial root of mandibular first molars in a Chinese population. **J Endod**, v. 35, n. 3, p. 353-356, 2009b.

GUTARTS, R.; NUSSTEIN, J.; READER, A.; BECK, M. In vivo debridement efficacy of ultrasonic irrigation following hand-rotary instrumentation in human mandibular molars. **J Endod**, v. 31, n. 3, p. 166-170, 2005.

HAAPASALO, M.; SHEN, Y.; WANG, Z.; GAO, Y. Irrigation in endodontics. **Br Dent J**, v. 216, n. 6, p. 299-303, 2014.

HSIEH, Y. D.; GAU, C. H.; KUNG WU, S. F.; SHEN, E. C.; HSU, P. W.; FU, E. Dynamic recording of irrigating fluid distribution in root canals using thermal image analysis. **Int Endod J**, v. 40, n. 1, p. 11-17, 2007.

HSU, Y. Y.; KIM, S. The resected root surface. The issue of canal isthmuses. **Dent Clin North Am**, v. 41, n. 3, p. 529-540, 1997.

JEON, I. S.; SPÄNGBERG, L. S.; YOON, T. C.; KAZEMI, R. B.; KUM, K. Y. Smear layer production by 3 rotary reamers with different cutting blade designs in straight

root canals: a scanning electron microscopic study. **Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod**, v. 96, n. 5, p. 601-607, 2003.

JOHNSON, M.; SIDOW, S. J.; LOONEY, S. W.; LINDSEY, K.; NIU, L. N.; TAY, F. R. Canal and isthmus debridement efficacy using a sonic irrigation technique in a closed-canal system. **J Endod**, v. 38, n. 9, p. 1265-1268, 2012.

KHAN, S.; NIU, L. N.; EID, A. A.; LOONEY, S. W.; DIDATO, A.; ROBERTS, S.; PASHLEY, D. H.; TAY, F. R. Periapical pressures developed by nonbinding irrigation needles at various irrigation delivery rates. **J Endod**, v. 39, n. 4, p. 529-533, 2013.

LEE, S. J.; WU, M. K.; WESSELINK, P. R. The effectiveness of syringe irrigation and ultrasonics to remove debris from simulated irregularities within prepared root canal walls. **Int Endod J**, v. 37, n. 10, p. 672-678, 2004.

LOPES, H. P.; SIQUEIRA JÚNIOR, J. F.; ROÇAS, I. N.; ELIAS, C. N. Irrigação dos canais radiculares. In: **Endodontia: biologia e técnica**. Rio de Janeiro: Elsevier, p. 447-476, 2015.

MANNOCCI, F.; PERU, M.; SHERRIFF, M.; COOK, R.; PITT FORD, T. R. The isthmuses of the mesial root of mandibular molars: a micro-computed tomographic study. **Int Endod J**, v. 38, n. 8, p. 558-563, 2005.

MARCELIANO-ALVES, M. F.; SOUSA-NETO, M. D.; FIDEL, S. R.; STEIER, L.; ROBINSON, J. P.; PÉCORÁ, J. D.; VERSIANI, M. A. Shaping ability of single-file reciprocating and heat-treated multifile rotary systems: a micro-CT study. **Int Endod J**, v. 48, n. 12, p. 1129-1136, 2015.

METZGER, Z.; TEPEROVICH, E.; ZARY, R.; COHEN, R.; HOF, R. The self-adjusting file (SAF). Part 1: respecting the root canal anatomy--a new concept of endodontic files and its implementation. **J Endod**, v. 36, n. 4, p. 679-690, 2010b.

NAIR, P. N.; HENRY, S.; CANO, V.; VERA, J. Microbial status of apical root canal system of human mandibular first molars with primary apical periodontitis after "one-visit" endodontic treatment. **Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod**, v. 99, n. 2, p. 231-252, 2005.

NUSSTEIN, J. M. Sonic and ultrasonic irrigation. In: **Endodontic irrigation: chemical disinfection of the root canal system**. Switzerland: Springer, p. 173-198, 2015.

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**, v. 45, n. 5, p. 413-418, 2012.

PAQUÉ, F.; BOESSLER, C.; ZEHNDER, M. Accumulated hard tissue debris levels in mesial roots of mandibular molars after sequential irrigation steps. **Int Endod J**, v. 44, n. 2, p. 148-153, 2011.

PAQUÉ, F.; GANAHL, D.; PETERS, O. A. Effects of root canal preparation on apical geometry assessed by micro-computed tomography. **J Endod**, v. 35, n. 7, p. 1056-1059, 2009.

PAQUÉ, F.; LAIB, A.; GAUTSCHI, H.; ZEHNDER, M. Hard-tissue debris accumulation analysis by high-resolution computed tomography scans. **J Endod**, v. 35, n. 7, p. 1044-1047, 2009.

PAQUÉ, F.; MUSCH, U.; HULSMANN, M. Comparison of root canal preparation using RaCe and ProTaper rotary Ni-Ti instruments. **Int Endod J**, v. 38, n. 1, p. 8-16, 2005.

PAQUÉ, F.; PETERS, O. A. Micro-computed tomography evaluation of the preparation of long oval root canals in mandibular molars with the self-adjusting file. **J Endod**, v. 37, n. 4, p. 517-521, 2011.

PAQUÉ, F.; RECHENBERG, D. K.; ZEHNDER, M. Reduction of hard-tissue debris accumulation during rotary root canal instrumentation by etidronic acid in a sodium hypochlorite irrigant. **J Endod**, v. 38, n. 5, p. 692-695, 2012.

PARK, E.; SHEN, Y.; KHAKPOUR, M.; HAAPASALO, M. Apical pressure and extent of irrigant flow beyond the needle tip during positive-pressure irrigation in an in vitro root canal model. **J Endod**, v. 39, n. 4, p. 511-515, 2013.

PASSARINHO-NETO, J. G.; MARCHESAN, M. A.; FERREIRA, R. B.; SILVA, R. G.; SILVA-SOUSA, Y. T.; SOUSA-NETO, M. D. In vitro evaluation of endodontic debris removal as obtained by rotary instrumentation coupled with ultrasonic irrigation. **Aust Endod J**, v. 32, n. 3, p. 123-128, 2006.

PETERS, O. A. Current challenges and concepts in the preparation of root canal systems: a review. **J Endod**, v. 30, n. 8, p. 559-567, 2004.

PETERS, O. A.; PAQUÉ, F. Root canal preparation of maxillary molars with the self-adjusting file: a micro-computed tomography study. **J Endod**, v. 37, n. 1, p. 53-57, 2011.

RICUCCI, D.; BERGENHOLTZ, G. Bacterial status in root-filled teeth exposed to the oral environment by loss of restoration and fracture or caries--a histobacteriological study of treated cases. **Int Endod J**, v. 36, n. 11, p. 787-802, 2003.

ROBINSON, J. P.; LUMLEY, P. J.; CLARIDGE, E.; COOPER, P. R.; GROVER, L. M.; WILLIAMS, R. L.; WALMSLEY, A. D. An analytical Micro CT methodology for quantifying inorganic dentine debris following internal tooth preparation. **J Dent**, v. 40, n. 11, p. 999-1005, 2012.

ROBINSON, J. P.; LUMLEY, P. J.; COOPER, P. R.; GROVER, L. M.; WALMSLEY, A. D. Reciprocating root canal technique induces greater debris accumulation than a continuous rotary technique as assessed by 3-dimensional micro-computed tomography. **J Endod**, v. 39, n. 8, p. 1067-1070, 2013.

RÖDIG, T.; HÜLSMANN, M.; KAHLMEIER, C. Comparison of root canal preparation with two rotary NiTi instruments: ProFile .04 and GT Rotary. **Int Endod J**, v. 40, n. 7, p. 553-562, 2007.

RÖDIG, T.; SEDGHI, M.; KONIETSCHKE, F.; LANGE, K.; ZIEBOLZ, D.; HULSMANN, M. Efficacy of syringe irrigation, RinsEndo and passive ultrasonic irrigation in removing debris from irregularities in root canals with different apical sizes. **Int Endod J**, v. 43, n. 7, p. 581-589, 2010.

SCHMIDT, T. F.; TEIXEIRA, C. S.; FELIPPE, M. C.; FELIPPE, W. T.; PASHLEY, D. H.; BORTOLUZZI, E. A. Effect of ultrasonic activation of irrigants on smear layer removal. **J Endod**, v. 41, n. 8, p. 1359-1363, 2015.

SCHNEIDER, S. W. A comparison of canal preparations in straight and curved root canals. **Oral Surg Oral Med Oral Pathol**, v. 32, n. 2, p. 271-275, 1971.

SEDGLEY, C. M.; NAGEL, A. C.; HALL, D.; APPLEGATE, B. Influence of irrigant needle depth in removing bioluminescent bacteria inoculated into instrumented root canals using real-time imaging in vitro. **Int Endod J**, v. 38, n. 2, p. 97-104, 2005.

SIQUEIRA, J. F., JR.; ALVES, F. R.; VERSIANI, M. A.; ROÇAS, I. N.; ALMEIDA, B. M.; NEVES, M. A.; SOUSA-NETO, M. D. Correlative bacteriologic and micro-computed tomographic analysis of mandibular molar mesial canals prepared by Self-Adjusting File, Reciproc, and Twisted File systems. **J Endod**, v. 39, n. 8, p. 1044-1050, 2013.

SUSIN, L.; LIU, Y.; YOON, J. C.; PARENTE, J. M.; LOUSHINE, R. J.; RICUCCI, D.; BRYAN, T.; WELLER, R. N.; PASHLEY, D. H.; TAY, F. R. Canal and isthmus debridement efficacies of two irrigant agitation techniques in a closed system. **Int Endod J**, v. 43, n. 12, p. 1077-1090, 2010.

TANOMARU-FILHO, M.; MIANO, L. M.; CHAVEZ-ANDRADE, G. M.; ESTEVES TORRES, F. F.; LEONARDO RDE, T.; GUERREIRO-TANOMARU, J. M. Cleaning of root canal system by different irrigation methods. **J Contemp Dent Pract**, v. 16, n. 11, p. 859-863, 2015.

TAY, F. R.; GU, L. S.; SCHOEFFEL, G. J.; WIMMER, C.; SUSIN, L.; ZHANG, K.; ARUN, S. N.; KIM, J.; LOONEY, S. W.; PASHLEY, D. H. Effect of vapor lock on root canal debridement by using a side-vented needle for positive-pressure irrigant delivery. **J Endod**, v. 36, n. 4, p. 745-750, 2010.

TEIXEIRA, F. B.; SANO, C. L.; GOMES, B. P.; ZAIA, A. A.; FERRAZ, C. C.; SOUZA-FILHO, F. J. A preliminary in vitro study of the incidence and position of the root canal isthmus in maxillary and mandibular first molars. **Int Endod J**, v. 36, n. 4, p. 276-280, 2003.

THOMAS, A. R.; VELMURUGAN, N.; SMITA, S.; JOTHILATHA, S. Comparative evaluation of canal isthmus debridement efficacy of modified EndoVac technique with different irrigation systems. **J Endod**, v. 40, n. 10, p. 1676-1680, 2014.

VAN DER SLUIS, L. W.; VERSLUIS, M.; WU, M. K.; WESSELINK, P. R. Passive ultrasonic irrigation of the root canal: a review of the literature. **Int Endod J**, v. 40, n. 6, p. 415-426, 2007.

VAN DER SLUIS, L. W.; WU, M. K.; WESSELINK, P. R. 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**, v. 38, n. 9, p. 593-596, 2005.

VANSAN, L. P.; PÉCORA, J. D.; COSTA, W. F.; MAIA CAMPOS, G. Effects of various irrigating solutions on the cleaning of the root canal with ultrasonic instrumentation. **Braz Dent J**, v. 1, n. 1, p. 37-44, 1990.

VERSIANI, M. A.; ALVES, F. R.; ANDRADE-JUNIOR, C. V.; MARCELIANO-ALVES, M. F.; PROVENZANO, J. C.; ROÇAS, I. N.; SOUSA-NETO, M. D.; SIQUEIRA, J. F., JR. Micro-CT evaluation of the efficacy of hard-tissue removal from the root canal and isthmus area by positive and negative pressure irrigation systems. **Int Endod J**, 2015. doi: 10.1111/iej.12559. [Epub ahead of print]

VERSIANI, M. A.; LEONI, G. B.; STEIER, L.; DE-DEUS, G.; TASSANI, S.; PÉCORA, J. D.; DE SOUSA-NETO, M. D. Micro-computed tomography study of oval-shaped canals prepared with the Self-Adjusting File, Reciproc, WaveOne, and ProTaper Universal systems. **J Endod**, v. 39, n. 8, p. 1060-1066, 2013.

VERSIANI, M. A.; PÉCORA, J. D.; DE SOUSA-NETO, M. D. Flat-oval root canal preparation with self-adjusting file instrument: a micro-computed tomography study. **J Endod**, v. 37, n. 7, p. 1002-1007, 2011.

VERTUCCI, F. J. Root canal anatomy of the human permanent teeth. **Oral Surg Oral Med Oral Pathol**, v. 58, n. 5, p. 589-599, 1984.

VERTUCCI, F. J. Root canal morphology and its relationship to endodontic procedures. **Endod Topics** 2005, v. 10, p. 3–29, 2005.

VON ARX, T. Frequency and type of canal isthmuses in first molars detected by endo-scopic inspection during periradicular surgery. **Int Endod J**, v. 38, p. 8, 2005.

VON ARX, T.; STEINER, R. G.; TAY, F. R. Apical surgery: endoscopic findings at the resection level of 168 consecutively treated roots. **Int Endod J**, v. 44, n. 4, p. 290-302, 2011.

WELLER, R. N.; BRADY, J. M.; BERNIER, W. E. Efficacy of ultrasonic cleaning. **J Endod**, v. 6, n. 9, p. 740-743, 1980.

WELLER, R. N.; NIEMCZYK, S. P.; KIM, S. Incidence and position of the canal isthmus. Part 1. Mesibuccal root of the maxillary first molar. **J Endod**, v. 21, n. 7, p. 380-383, 1995.

WONG, R. Conventional endodontic failure and retreatment. **Dent Clin North Am**, v. 48, n. 1, p. 265-289, 2004.

WU, M. K.; WESSELINK, P. R. A primary observation on the preparation and obturation of oval canals. **Int Endod J**, v. 34, n. 2, p. 137-141, 2001.

ŽIVKOVIĆ, S.; NEŠKOVIĆ, J.; JOVANOVIĆ-MEDOJEVIĆ, M.; POPOVIĆ-BAJIĆ, M.; ŽIVKOVIĆ-SANDIĆ, M. XP-endo Finisher: a new solution for smear layer removal. **Serbian Dental Journal**, v. 62, n. 3, p. 122-126, 2015.

APÊNDICES

Apêndice A. Tabela com os valores originais de comprimento (em mm) obtidos no exame microtomográfico inicial do grupo pressão apical positiva (PAP), irrigação ultrassônica passiva (IUP), Self-Adjusting File (SAF) e XP-endo Finisher (XPF).

	PAP	IUP	SAF	XPF
01	10,36	11,75	10,30	9,06
02	9,32	9,48	8,60	9,06
03	10,40	7,37	10,62	9,68
04	10,85	11,19	12,13	10,50
05	10,71	8,14	10,60	11,51
06	8,97	8,84	9,54	10,55
07	7,86	9,93	10,12	8,60
08	9,11	8,39	8,81	10,44
09	8,23	9,96	9,48	8,22
10	9,45	8,92	6,94	7,72

Apêndice B. Tabela com os valores originais dos dados morfométricos tridimensionais de volume e área de superfície inicial e após preparo do grupo pressão apical positiva.

	Volume (mm ³)		Área de Superfície (mm ²)	
	Inicial	Após preparo	Inicial	Após preparo
PAP 01	7,47	11,58	57,19	61,61
PAP 02	8,21	11,12	72,57	69,79
PAP 03	6,26	9,19	66,42	73,72
PAP 04	8,64	11,39	71,97	76,52
PAP 05	10,84	14,06	86,25	90,57
PAP 06	5,12	9,50	53,36	62,20
PAP 07	4,49	7,31	57,58	60,80
PAP 08	3,97	8,06	43,75	55,05
PAP 09	5,36	7,60	38,68	44,48
PAP 10	5,79	10,73	56,52	66,62

Apêndice C. Tabela com os valores originais dos dados morfométricos tridimensionais de volume e área de superfície inicial e após preparo do grupo irrigação ultrassônica passiva.

	Volume (mm ³)		Área de Superfície (mm ²)	
	Inicial	Após preparo	Inicial	Após preparo
IUP 01	10,47	15,47	78,75	88,7
IUP 02	9,01	13,20	70,01	77,57
IUP 03	7,26	9,83	48,82	54,67
IUP 04	10,56	14,13	82,07	88,48
IUP 05	5,35	9,05	48,07	56,56
IUP 06	4,05	7,95	48,3	59,75
IUP 07	4,08	6,35	50,22	58,00
IUP 08	4,22	7,66	60,11	70,08
IUP 09	4,77	6,5	53,84	59,34
IUP 10	7,94	10,17	66,53	74,34

Apêndice D. Tabela com os valores originais dos dados morfométricos tridimensionais de volume e área de superfície inicial e após preparo do grupo Self-Adjusting File.

	Volume (mm ³)		Área de Superfície (mm ²)	
	Inicial	Após preparo	Inicial	Após preparo
SAF 01	7,84	12,81	76,92	87,94
SAF 02	9,05	11,10	86,62	91,92
SAF 03	6,98	11,79	79,97	88,94
SAF 04	4,09	10,76	64,71	78,40
SAF 05	3,96	9,85	63,26	74,19
SAF 06	6,15	8,85	53,05	58,28
SAF 07	7,66	11,48	79,37	83,37
SAF 08	9,44	11,22	53,15	62,13
SAF 09	8,04	10,93	60,85	71,06
SAF 10	5,55	8,98	34,12	42,96

Apêndice E. Tabela com os valores originais dos dados morfométricos tridimensionais de volume e área de superfície inicial e após preparo do grupo XP-endo Finisher.

	Volume (mm ³)		Área de Superfície (mm ²)	
	Inicial	Após preparo	Inicial	Após preparo
XPF 01	7,68	10,28	70,21	75,95
XPF 02	3,66	6,89	45,29	51,91
XPF 03	7,52	10,62	67,93	61,38
XPF 04	12,18	16,29	97,17	89,18
XPF 05	4,10	8,42	44,72	57,48
XPF 06	6,57	11,82	61,52	71,87
XPF 07	6,39	8,26	56,04	60,58
XPF 08	6,80	10,21	72,58	81,74
XPF 09	4,92	6,96	40,95	49,01
XPF 10	7,50	9,02	61,25	65,45

Apêndice F. Tabela com os valores originais de volume e porcentagem de volume de DDA após preparo e após irrigação final com pressão apical positiva.

	Volume (mm ³)		Volume (%)		Redução (%)
	Após preparo	Após irrigação final	Após preparo	Após irrigação final	Após irrigação final
PAP 01	0,31	0,08	2,68	0,69	74,19
PAP 02	0,75	0,39	6,74	3,51	48,00
PAP 03	0,97	0,53	10,55	5,77	45,36
PAP 04	0,73	0,49	6,41	4,30	32,88
PAP 05	0,43	0,30	3,06	2,13	30,23
PAP 06	0,45	0,34	4,74	3,58	24,44
PAP 07	0,65	0,42	8,89	5,75	35,38
PAP 08	0,86	0,41	10,67	5,09	52,33
PAP 09	0,45	0,23	5,92	3,03	48,89
PAP 10	1,11	0,38	10,34	3,54	65,77

Apêndice G. Tabela com os valores originais de volume e porcentagem de volume de DDA após preparo e após irrigação ultrassônica passiva.

	Volume (mm ³)		Volume (%)		Redução (%)
	Após preparo	Após irrigação final	Após preparo	Após irrigação final	Após irrigação final
IUP 01	0,85	0,0004	5,49	0,003	99,95
IUP 02	0,59	0,005	4,47	0,038	99,15
IUP 03	0,81	0,02	8,24	0,203	97,53
IUP 04	0,90	0,0009	6,37	0,006	99,90
IUP 05	1,02	0,051	11,27	0,564	95,00
IUP 06	0,64	0,064	8,05	0,805	90,00
IUP 07	0,80	0,07	12,60	1,102	91,25
IUP 08	0,79	0,19	10,31	2,480	75,95
IUP 09	0,83	0,04	12,77	0,615	95,18
IUP 10	0,88	0,03	8,65	0,295	96,59

Apêndice H. Tabela com os valores originais de volume e porcentagem de volume de DDA após preparo e após finalização do preparo com Self-Adjusting File.

	Volume (mm ³)		Volume (%)		Redução (%)
	Após preparo	Após finalização preparo	Após preparo	Após finalização preparo	Após finalização preparo
SAF 01	1,15	0,72	8,98	5,62	37,39
SAF 02	0,59	0,38	5,32	3,42	35,59
SAF 03	1,19	0,84	10,09	7,12	29,41
SAF 04	0,70	0,40	6,51	3,72	42,86
SAF 05	0,29	0,20	2,94	2,03	31,03
SAF 06	0,94	0,46	10,62	5,20	51,06
SAF 07	0,64	0,28	5,57	2,44	56,25
SAF 08	0,83	0,43	7,40	3,83	48,19
SAF 09	1,11	0,78	10,16	7,14	29,73
SAF 10	0,47	0,23	5,23	2,56	51,06

Apêndice I. Tabela com os valores originais de volume e porcentagem de volume de DDA após preparo e após finalização do preparo com XP-endo Finisher.

	Volume (mm ³)		Volume (%)		Redução (%)
	Após preparo	Após finalização preparo	Após preparo	Após finalização preparo	Após finalização preparo
XPF 01	0,64	0,08	6,23	0,78	87,50
XPF 02	0,73	0,01	10,60	0,15	98,63
XPF 03	0,32	0,03	3,01	0,28	90,63
XPF 04	1,05	0,13	6,45	0,80	87,62
XPF 05	0,44	0,03	5,23	0,36	93,18
XPF 06	0,85	0,0021	7,19	0,02	99,75
XPF 07	0,73	0,27	8,84	3,27	63,01
XPF 08	1,13	0,20	11,07	1,96	82,30
XPF 09	0,72	0,03	10,34	0,43	95,83
XPF 10	0,58	0,01	6,43	0,11	98,28

Apêndice J. Modelos tridimensionais dos sistemas de canais radiculares da raiz mesial de molares inferiores preparados com sistema recíprocante (A) e após a irrigação final com pressão apical positiva (B). Os debrís dentinários acumulados (DDA) estão representados em preto.

Apêndice K. Modelos tridimensionais dos sistemas de canais radiculares da raiz mesial de molares inferiores preparados com sistema recíprocante (A) e após a irrigação final com irrigação ultrassônica passiva (IUP) (B). Os debrís dentinários acumulados (DDA) estão representados em preto.

Apêndice L. Modelos tridimensionais dos sistemas de canais radiculares da raiz mesial de molares inferiores preparados com sistema recíprocante (A) e após a finalização do preparo com Self-Adjusting file (SAF) (B). Os debrís dentinários acumulados (DDA) estão representados em preto.

Apêndice M. Modelos tridimensionais dos sistemas de canais radiculares da raiz mesial de molares inferiores preparados com sistema recíprocante (A) e após a finalização do preparo com XP-endo Finisher (XPF) (B). Os debrís dentinários acumulados (DDA) estão representados em preto.

*A*NEXOS

Anexo 1. Documento de aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa.

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
Faculdade de Odontologia de Ribeirão Preto
Comitê de Ética em Pesquisa

Of. CEP / 356/ FORP

Ribeirão Preto, 24 de agosto de 2010

Ref. processo n.º 2009.1.972.58.4
CAAE n.º 0072.0.138.000-09

Senhor Pesquisador,

A pedido da Profa. Dra. Cláudia Helena Lovato da Silva, Coordenadora do Comitê de Ética em Pesquisa, desta Faculdade, informamos que o referido Comitê em sua 111ª Sessão, realizada em 19 de agosto de 2010, **aprovou o Relatório Parcial do Projeto de Pesquisa:** "Avaliação de diferentes técnicas de preparo biomecânico, obturação, retobturação, preparo para contenção intraradicular de dentes submetidos a diferentes tratamentos, por meio de microtomografia computadorizada".

Na oportunidade, lembramos da necessidade de entregar na Secretaria do Comitê, com os formulários preenchidos pelo pesquisador responsável, o **Relatório Parcial** no dia 30 de maio de 2011 e o **Relatório Final** no dia 30 de março de 2012.

JULIANA GODOI DE OLIVEIRA SILVA
Secretária do Comitê de Ética em Pesquisa

Ilmo. Sr.
Prof. Dr. MANOEL DAMIÃO DE SOUSA NETO
Departamento de Odontologia Restauradora
desta Faculdade

Anexo 2. Sequência de *plug-ins* utilizada para segmentação e análise das imagens do canal radicular no exame microtomográfico preliminar.

1. Thresholding

Mode,Global / Lower grey threshold,0 / Upper grey threshold,65

3. Despeckle

Type: Remove outer objects (2D space) / Detected: by image borders /Apply to: Image

4. 3D model

Type: .p3g / Apply to: Image / Algorithm: Double-Time Cubes

Anexo 3. Sequência de *plug-ins* utilizada para segmentação e análise das imagens do canal radicular no exame microtomográfico inicial e após preparo.

1. Thresholding

Mode,Global / Lower grey threshold,62 / Upper grey threshold,255

2. Save bitmaps

Image inside ROI / File format: bmp / Resize to the ROI bounds: Off

Anexo 4. Sequência de *plug-ins* utilizada para análise das imagens do canal radicular binarizadas do exame microtomográfico inicial e pós-preparo.

1. Thresholding

Mode,Global / Lower grey threshold,62 / Upper grey threshold,255

2. 3D analysis

Volume / Surface Area

3. 3D model

Type: .p3g / Apply to: Image inside ROI / Algorithm: Double-Time Cubes

Anexo 5. Sequência de *plug-ins* utilizada para análise da imagem real do canal radicular após o preparo.

1. Arithmetical operations

<Image>=<Image> ADD <Region of Interest>

2. Thresholding

Mode,Global / Lower grey threshold,62 / Upper grey threshold,255

3. 3D analysis

Volume / Surface Area

4. 3D model

Type: .p3g / Apply to: Image inside ROI / Algorithm: Double-Time Cubes