

EGAS MONIZ DE ARAGÃO

AVALIAÇÃO DA FORMA DO FORAME APICAL
APÓS SUA PATÊNCIA E AMPLIAÇÃO COM
INSTRUMENTOS ENDODÔNTICOS

Tese apresentada à Faculdade de Odontologia
de Piracicaba, da Universidade Estadual de
Campinas, para obtenção do Título de Doutor
em Clínica Odontológica. Área de Endodontia.

Orientador: Prof. Dr. Francisco José de Souza Filho

PIRACICABA
2010

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA
BIBLIOTECA DA FACULDADE DE ODONTOLOGIA DE PIRACICABA

Bibliotecária: Marilene Girello – CRB-8ª / 6159

Ar12a Aragão, Egas Moniz de.
Avaliação da forma do forame apical após sua patência e
ampliação com instrumentos endodônticos. / Egas Moniz de
Aragão. -- Piracicaba, SP: [s.n.], 2010.

Orientador: Francisco José de Souza Filho.
Tese (Doutorado) – Universidade Estadual de Campinas,
Faculdade de Odontologia de Piracicaba.

1. Endodontia. I. Souza Filho, Francisco José de. II.
Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Odontologia
de Piracicaba. III. Título.

(mg/fop)

Título em Inglês: Morphological study of the apical foramen after patency with
endodontic files

Palavras-chave em Inglês (Keywords): 1. Endodontics

Área de Concentração: Endodontia

Titulação: Doutor em Clínica Odontológica

Banca Examinadora: Francisco José de Souza Filho, Paulo César Azevedo,
Alexandre Roberto Heck, Alexandre Augusto Zaia, Caio Cezar Randi Ferraz

Data da Defesa: 08-02-2010

Programa de Pós-Graduação em Clínica Odontológica



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
Faculdade de Odontologia de Piracicaba



A Comissão Julgadora dos trabalhos de Defesa de Tese de Doutorado, em sessão pública realizada em 08 de Fevereiro de 2010, considerou o candidato EGAS MONIZ DE ARAGÃO aprovado.



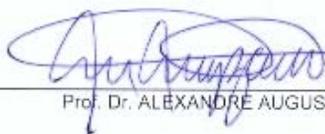
Prof. Dr. FRANCISCO JOSE DE SOUZA FILHO



Prof. Dr. PAULO CÉSAR AZEVEDO



Prof. Dr. ALEXANDRE ROBERTO HECK



Prof. Dr. ALEXANDRE AUGUSTO ZAIA



Prof. Dr. CAIO CÉSAR RANDI FERRAZ

DEDICATÓRIA

À Marisa, amiga, companheira, eterna namorada e maior acerto da minha vida, dedico este trabalho. Seu apoio, carinho, amor e compreensão foram fundamentais para esta conquista.

Aos nossos filhos, Ana Julia e Luiz Henrique, razão que nos motiva a lutar por um futuro sempre melhor, e por terem sido sempre compreensivos com os muitos momentos de ausência.

Aos meus pais, Izabel e Egas, dedico este trabalho, como parte do projeto de uma vida correta e produtiva que seu exemplo, amor e dedicação me orientaram a trilhar.

AGRADECIMENTO ESPECIAL

Agradeço imensamente ao meu orientador, Professor Dr. Francisco José de Souza Filho, pela sua atuação competente e precisa, sempre gentil e compreensivo com minhas dificuldades. Além da sua orientação, agradeço a transmissão de conhecimentos que permeou todas as nossas conversas, já que esses momentos foram de extrema importância tanto acadêmica quanto profissional. A sua postura de valorizar as relações humanas o tornou, além de orientador, um amigo querido.

Agradeço, também de modo especial, aos professores da disciplina de Endodontia A, do Curso de Odontologia, da Universidade Federal do Paraná. Professor Dilzo Belin Faraco, mestre que me distinguiu com a confiança demonstrada pelo convite para estagiar na disciplina e pela sua orientação no planejamento para dela me tornar membro. Professor Sérgio Herrero Moraes, amigo desde meu ingresso na disciplina e exemplo de professor e administrador. Professor Alexandre Roberto Heck, amigo querido com quem venho dividindo as alegrias e contando com o apoio para navegar pelos bons e maus momentos que o exercício do magistério nos proporciona. Com eles aprendi a trabalhar em equipe.

AGRADECIMENTOS

À Faculdade de Odontologia de Piracicaba, da Universidade Estadual de Campinas, na pessoa de seu diretor, Professor Dr. Francisco Haiter Neto, pelo apoio e adequadas condições para a realização deste trabalho.

Ao Professor Dr. Jacks Jorge Júnior, coordenador dos cursos de pós-graduação da FOP-Unicamp, pela oportunidade e apoio.

À Professora Dr^a. Renata Cunha Matheus Rodrigues Garcia, coordenadora do curso de pós-graduação em Clínica Odontológica da FOP-Unicamp, pelo apoio recebido.

À Professora Dr^a. Brenda Paula Figueiredo de Almeida Gomes, representante docente da área de concentração de Endodontia do curso de pós-graduação em Clínica Odontológica da FOP-Unicamp, pelo tratamento sempre gentil e eficiência na condução dos nossos problemas.

Aos professores da área de Endodontia da FOP-Unicamp Dr. Alexandre Augusto Zaia, Dra. Brenda Paula Figueiredo de Almeida Gomes, Dr. Caio César Randi Ferraz e Dr. José Flávio Affonso de Almeida, pela amizade, pela colaboração e disponibilidade sempre demonstrada.

Ao Professor Dr. Luis Valdrighi pelo exemplo de professor, profissional e pesquisador estudioso da Endodontia. O seu exemplo nos motiva a querer ser mais e melhor.

Aos colegas de curso Adelmo Moraes de Souza Filho, Alexandre Roberto Heck, Cícero Romão Gadê Neto, Eduardo Diogo Gurgel Filho, Ericka Tavares Pinheiro, Ezilmara Leonor Rolim de Souza, Júlio César Bento dos Santos e Ronaldo Rogério Rodrigues, pelo companheirismo, amizade e troca de informações que muito contribuíram para o bom aproveitamento neste curso.

Aos colegas de curso de outras turmas com quem convivi durante o tempo em que permaneci na FOP-Unicamp, tomando como exemplo a colega Danna Mota Moreira, agradeço o companheirismo e o carinho que sempre recebi.

Ao Professor Dr. Elliot Watanabe Kitajima, do NAP/MEPA da ESALQ/USP, pelos ensinamentos relativos aos processos da microscopia eletrônica de varredura e pela ajuda nas fases iniciais deste trabalho, nos vários estudos-piloto realizados em seu laboratório.

Aos Srs. Rubens Marques Payão, Denize Lumena de Pinho e Adailton dos Santos Lima, funcionários da área de Endodontia da FOP-Unicamp, pela acolhida, cooperação e amizade.

Aos Srs. Adriano Luis Martins, do Departamento de Diagnóstico Oral, e Eliene Aparecida Orsini Narvaes, do Laboratório de Microscopia Eletrônica e Confocal, do Departamento de

Morfologia, pela ajuda eficiente, permeada de uma gentileza estimulante, que culminaram no desenvolvimento de procedimentos de Microscopia Eletrônica inovadores.

A todos aqueles que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho.

RESUMO

Para realizar a patência e ampliação dos forames apicais, com o objetivo de avaliar a evolução de sua forma, foi realizada a instrumentação dos canais de 48 dentes, 23 incisivos inferiores e 25 caninos, superiores ou inferiores. A instrumentação foi executada através de acesso radicular com brocas de Gates-Glidden, ampliação coroa-ápice com instrumentos manuais e, trabalhando 1mm além do comprimento do canal, ampliação do forame apical com três ou cinco limas tipo K. Os forames apicais foram avaliados ao microscópio eletrônico de varredura, antes da instrumentação, depois da ampliação com três limas e, numa terceira análise, após o uso de mais dois instrumentos – totalizando cinco limas. Nas fotomicrografias produzidas com 50, 100 e 150 aumentos, com o auxílio de um programa de análise de imagens, foram medidos oito raios da imagem de cada forame apical, a partir do centro de seu maior diâmetro. A divisão do desvio padrão destas medidas pela média refletiu numericamente a regularidade dos forames. A análise destes valores indicou que os forames apicais foram regularizados pela ampliação com três limas e com cinco limas, em ambas as situações, com diferença estatisticamente significativa para a forma inicial. A análise destes valores, dividindo os 48 dentes em grupos, indicou: a) haver maior regularização do forame apical em canais com menor curvatura radicular, com diferença estatisticamente significativa, quando comparados ao grupo com curvatura radicular moderada; e b) ocorrer o melhor resultado na regularização quando instrumentados os canais sem curva apical, com diferença estatisticamente significativa, quando comparados aos canais que apresentavam curva em seu final, fato observado mesmo em raízes retas. A ampliação dos forames apicais se mostrou capaz de regularizar sua forma, com melhor desempenho em canais menos curvos, tornando-os mais circulares, exceção feita aos dentes cujos canais apresentavam curva apical, nos quais houve deformação dos forames.

Palavras-chave: Endodontia, Técnica de instrumentação, Patência apical, Ampliação do forame apical.

ABSTRACT

The resulting shape of the apical foramens of 48 teeth - 23 lower incisors and 25 upper or lower cuspids - was evaluated after enlargement with 3 or 5 K-type files in root canal treatment performed with radicular access before the crown-down instrumentation technique and followed by serial instrumentation of the canal, with the file going beyond the apical foramen, so as to enlarge it. The apical foramens of each one of the teeth were evaluated with scanning electron microscope, before the instrumentation, after the enlargement with the first apical file and two other instruments, plus a third assessment after the use of two more instruments – totaling four files in addition to the initial anatomical file. In the photomicrographs, 100x and 150x magnification, eight radiuses of each apical foramen were measured with the help of an image analysis software from the center of their largest diameter. The division of the standard deviation of those measurements by the average reflects the regularity of the foramens in numerical terms. The analysis of the numbers indicated that the apical foramens were evened by the enlargement with 3 and 5 files, in both cases with statistically significant difference from the original shape. Such analysis, dividing the 48 teeth into groups, showed: a) greater evenness of the apical foramen in canals with less pronounced root curvature, with statistically significant difference when compared to the moderate curvature group; and, b) better result in teeth with no root canal apical curvature, with statistically significant difference, when compared to teeth with root canal apical curvature, a fact observed even in straight roots. The enlargement of apical foramens was proven to even their shape, with better result in less curved canals, rendering them more circular, with the exception of teeth with canals having apical curvature, in which the foramens suffered deformation.

Key Words: Endodontics, Instrumentation technique, Apical patency, apical foramen disruption

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	1
2	REVISÃO DA LITERATURA	3
3	PROPOSIÇÃO	49
4	MATERIAL E MÉTODOS.	51
5	RESULTADOS	65
6	DISCUSSÃO	79
7	CONCLUSÃO	97
	REFERÊNCIAS	99
	APÊNDICE 1	117
	APÊNDICE 2	123
	APÊNDICE 3	127
	APÊNDICE 4	
	CERTIFICADO DE APROVAÇÃO NO COMITÊ DE ÉTICA	143

1 Introdução

A adequada limpeza e modelagem do sistema de canais radiculares é uma etapa do tratamento endodôntico com grande influência em seu sucesso. Para Simon (1994), durante esta etapa, os 3 milímetros finais dos canais radiculares devem ser considerados uma zona crítica. Nesta região é esperado o acúmulo de fragmentos de tecido pulpar e raspas de dentina produzidas pela instrumentação, tendendo a resultar no entupimento do canal e bombeamento deste material além do forame apical. A limpeza desse segmento pode ser potencializada pela manutenção da patência apical. Buchanan (1989) define patência apical como o procedimento no qual a porção apical do canal radicular é mantida livre de detritos pela recapitulação com uma lima fina e flexível, levada até a constrição apical, sem ampliá-la.

Na zona crítica do canal radicular, no periápice e no cimento desta região, em casos de necrose pulpar que apresentam alteração inflamatória periapical, estudos histopatológicos mostram a presença de bactérias e seus subprodutos (Kiryu *et al.*, 1994). Em razão deste estímulo é comum que o cimento desta região seja erodido e parcialmente reabsorvido. Para Souza (2000a), nesta situação, a limpeza do forame apical cria melhores condições biológicas para que ocorra o processo de reparo. Este autor ressalta que a limpeza do forame apical exige sua manipulação, já que a simples passagem de um instrumento o mantém patente, sem limpá-lo efetivamente. Simon (1994), nestes casos de necrose pulpar, recomenda que a instrumentação seja estendida ao forame apical para que o canal radicular seja completamente limpo. Tal indicação gera, inevitavelmente, a ampliação do forame apical.

Experimentalmente, a ampliação do forame apical permite a invaginação de tecido conjuntivo vindo da região do ligamento periodontal para o interior do canal radicular. Souza Filho *et al.* (1996) concluem que em dentes com o forame ampliado e com os canais obturados a até 4mm do ápice radicular espera-se que ocorra o reparo periapical, com frequente obliteração da porção ampliada do canal radicular por tecido mineralizado.

Esta obliteração é considerada ideal em termos de processo de reparo após o tratamento endodôntico.

Por outro lado, o efeito mecânico da ampliação da porção apical sobre sua forma é motivo de controvérsia. *Weine et al.* (1975) consideram que esta ampliação pode provocar uma deformação (*zip*) que levaria a um inadequado selamento apical da obturação. *Ribeiro et al.* (1998), *Lam et al.* (1999) e *Goldberg & Massone* (2002) observaram que a ampliação do forame apical levou a esta deformação. Com resultados opostos, *Aragão et al.* (1998) observaram ampliação do forame apical com pouca deformação quando empregada a instrumentação manual realizada com movimento oscilatório ou por meio de instrumentação mecânico-rotatória. *Serene et al.*, em 1995, relataram que utilizando limas níquel-titânio esta ampliação poderia resultar em uma aceitável morfologia do canal radicular.

Na realidade, muito poucas pesquisas foram realizadas sobre as consequências da ampliação do forame apical ou a melhor maneira de realizá-la. Outros aspectos pertinentes seriam a verificação de sua influência na limpeza do canal radicular, em sua desinfecção, no extravasamento de detritos ou material obturador, na dor pós-operatória e (ou) edema e, principalmente, no índice de sucesso do tratamento endodôntico.

O objetivo deste trabalho é o de contribuir para a elucidação das dúvidas relativas à ampliação mecânica do forame apical como parte da limpeza e modelagem dos canais radiculares.

Será analisada a regularidade da forma do forame apical como resultado da ampliação da constrição apical com três ou cinco limas endodônticas – incluída a lima anatômica inicial – trabalhadas além do comprimento real do canal para garantir que as arestas destes instrumentos atinjam a região foraminal.

2 Revisão da Literatura

2.1 ASPECTOS RELACIONADOS À MORFOLOGIA DA REGIÃO APICAL

Orban, em 1928, analisou microscopicamente a região apical de dentes humanos, verificando que o cimento e o osso alveolar são reabsorvidos na presença de processo inflamatório. O autor observou lacunas de reabsorção preenchidas por osteoclastos, bem como o desaparecimento das fibras do ligamento periodontal e áreas de reabsorção preenchidas por tecido conjuntivo frouxo.

Kuttler, em 1955, avaliou a morfologia dos ápices radiculares de 268 dentes humanos. Os resultados levaram em consideração duas faixas etárias, 18 a 25 anos e mais de 55 anos. Para o grupo de 18 a 25 anos, o forame apical apresentava diâmetro de 0,502mm e para os dentes de pessoas com mais de 55 anos 0,681mm; o limite CDC tinha diâmetro de 0,306mm para os mais jovens e 0,274mm para o grupo de mais de 55 anos; a distância do vértice do ápice ao centro do forame apical (descentralização do forame) era de 0,495mm no primeiro grupo e 0,607mm para os com mais de 55 anos; a distância do forame apical à menor constrição apical era de 0,524mm nos mais jovens e 0,659mm nos demais. Além dessas medidas, o autor observou que 68% dos forames apicais de pessoas de 18 a 25 anos se posicionavam descentralizados em relação ao ápice radicular enquanto este índice subia para 80% naquelas com mais de 55 anos. Outro ponto foi que em 43% dos dentes o limite CDC só foi visualizado em maior aumento ou não foi possível defini-lo para as com 18 a 25 anos, enquanto nos dentes de pessoas com mais de 55 anos este índice era de 26%. Baseado nesses dados, o autor expressa as seguintes conclusões: a) o desvio do centro do forame apical aumenta em relação ao ápice radicular com a idade; b) o diâmetro do forame apical aumenta com a idade devido à contínua deposição de cimento e os forames apicais são um pouco mais largos no sentido vestibulo-lingual do que no sentido méσιο-distal; c) por ser um cone invertido, o canal cementário não pode ser preenchido hermeticamente durante a obturação do canal; d) os limites mesial/distal e

vestibular/lingual do canal cementário, na maioria dos casos, são observados no mesmo nível; e) a maior constrição apical geralmente se encontra em dentina, deste ponto em diante tem início o cone invertido do canal cementário; f) a espessura média do cimento apical foi de 0,5mm nas pessoas jovens, tornando-se maior com a idade, sendo esta uma das justificativas para a obturação dos canais não se dar a menos de 0,5mm.

Green, em 1956, estudou ápices de 400 dentes anteriores, superiores e inferiores, relatando ter observado forames apicais excêntricos ao ápice radicular, com forma circular (55%), oval (27%), serrilhado (12%), podendo ser com menor frequência assimétricos, semilunares ou em ampulheta. Olhados em profundidade, os forames eram a base de um funil pronunciado em 30% dos casos, que apresentava, a 1mm de profundidade, um diâmetro, em geral, equivalente a 50% do encontrado na superfície radicular. A análise da estrutura mineral evidenciou uma camada de cimento de 0,25mm de espessura que na porção final da raiz chegava a no máximo 1mm. Outra observação foi que, com exceção dos forames localizados no centro do ápice, os instrumentos utilizados para a exploração do canal realizavam uma curva, de 10 a 60°, para chegar à superfície radicular, no milímetro final do canal, devido à curvatura que os canais apresentavam em sua porção final, mesmo em raízes retas. O autor encontrou um diâmetro médio do forame apical de 0,5mm para os caninos superiores, 0,3 para os incisivos e caninos inferiores. Os forames com menor frequência saíam diretamente no ápice dos dentes inferiores (23%) do que nos superiores avaliados (40%).

Green, em 1960, estudou ápices radiculares de 700 dentes posteriores, superiores e inferiores. O autor observou forames apicais circulares em 46% a 71% dos canais dos diversos dentes analisados, canais ovais foram observados em 19% a 47% dos dentes, e forames apicais com contorno assimétrico foram vistos em 11% a 23% das raízes. Forames apicais com contorno serrilhado foram encontrados em 3% a 24% dos casos, sendo mais comuns em raízes de molares inferiores e palatina de superiores. Dessa análise resultou, também, que as foraminas apicais têm, em média, metade do diâmetro do forame principal; metade dos forames principais emerge no ápice radicular; em média, o funil caracterizado pelo canal cementário diminui, em direção coronária à metade do calibre do

forame apical, e apresenta 0,75mm de extensão. Embora se observe regularidade nos achados, o imponderável e as variações devem ser considerados; quando há uma curva apical o canal invariavelmente segue a curvatura da raiz; em dentes multirradiculares há semelhança no número de foraminas nas diversas raízes.

Palmer *et al.*, em 1971, analisaram radiografias de 40 dentes extraídos procurando determinar a posição do forame apical quando limas eram introduzidas até a altura do ápice radiográfico. Os autores concluem que em metade dos casos a lima estava ultrapassando o forame apical.

Pineda & Kuttler, em 1972, dentre outros aspectos anatômicos, verificaram que em 83,1% de 7275 canais radiculares, analisados *ex vivo*, o forame apical se encontrava desviado do ápice. Os autores citam, relativamente a outro dos aspectos analisados, que encontraram muito poucos deltas apicais.

Burch & Hulen, em 1972, verificaram que o desvio do forame apical principal ao ápice dental mede 0,59mm, em média, variando de 0,46m nos incisivos inferiores a 0,78mm na raiz distal dos molares inferiores; este desvio ocorre em 92,4% dos casos, variando de 78% nos incisivos superiores a 98% em raízes distais de molares inferiores, caninos inferiores e raízes vestibulares de pré-molares inferiores. Os autores salientam que os clínicos devem ter esses dados em mente durante a odontometria, instrumentação e obturação dos canais radiculares, de maneira a evitar a invasão do ligamento periodontal.

Simon *et al.*, em 1981, analisaram a estrutura do cimento apical em dentes com polpa viva e em dentes com necrose pulpar e lesão periapical, por meio de microscopia eletrônica de varredura e espectrometria (*energy dispersive x-ray spectrometry*), em cinco dentes normais e cinco com doença. Os autores verificaram as diferenças estruturais e da composição do cimento nestas duas situações, encontrando nos casos de normalidade projeções, as correspondentes depressões e fibras regularmente distribuídas, enquanto, nos espécimes doentes, observaram distribuição irregular com mais projeções e depressões, porém com menos fibras, com diferença estatisticamente significativa. As reabsorções de superfície foram um achado consistente nos espécimes doentes; as áreas de reabsorção tinham forma côncava, semelhantes a uma baía. Nestas “baías” eram observadas inúmeras

pequenas protuberâncias. Os autores identificaram uma zona ou camada amorfa, aparentemente ao longo da região de cimento em contato com a lesão periapical, na superfície do cimento. Esta camada negra, uniformemente amorfa, era interrompida pelas áreas de reabsorção, apresentando no máximo 4,5 μ m. A análise com espectrometria demonstrou diferenças entre o cimento normal e o doente, evidenciadas pela modificação na proporção fósforo/cálcio, normalmente semelhante. A camada amorfa e o cimento abaixo dela apresentaram menores concentrações de cálcio, enquanto o cimento celular doente apresentava maiores concentrações de cálcio. Além desses dados relatados, os autores afirmam que os efeitos da inflamação sobre o cimento são reabsorção e necrose. Porém, este mesmo cimento que sofre reabsorção apresenta áreas de neoformação cementária.

Dummer *et al.*, em 1984, ao avaliaram a posição e topografia do forame apical e da constrição apical em 270 dentes, incisivos, caninos e pré-molares, verificaram que a distância média do ápice dental ao forame apical era de 0,38mm (0,23 no incisivo superior a 0,47 no canino inferior, variando de um mínimo de 0 a um máximo de 1,93mm) e do ápice dental à constrição apical de 0,89mm (0,79 no incisivo inferior a 0,99 nos pré-molares inferiores, variando de 0,07 a 2,68mm). Na avaliação da constrição apical, os autores constataram que havia maiores variações de forma que as descritas habitualmente. Citam a constrição simples, como se conhece nas descrições clássicas, encontrada em 46% dos casos, com uma distância média ao ápice de 1,07mm; uma constrição afunilada, em que a constrição se confunde com o forame apical, encontrada em 30% dos casos, com uma distância ao ápice de 0,52mm; casos de constrições múltiplas, em que se verificam várias constrições consecutivas à medida que se aproxima do forame apical, encontrada em 19% dos casos, a 1,08mm do ápice; e a constrição de paredes paralelas, em que a porção denominada canal cementário tem este direcionamento, comum a 5% dos canais avaliados, estando a 1,14mm do ápice, em média. Os autores enfatizam que esses dados são muito importantes para a determinação correta do comprimento de trabalho.

Tamse *et al.*, em 1988, verificaram que a distância do forame apical ao ápice, na raiz distal de molares inferiores, costuma ser de 0,8mm, variando de 0,6 a 1,8. A análise

das radiografias clínicas prévias à extração, comparadas às radiografias feitas após a extração com o dente limpo, indicou que há uma tendência de perceber-se o ápice dental mais coronário, na situação clínica, o que poderia levar a erros durante o tratamento destas raízes, concluem os autores.

Stein & Corcoran, em 1990, verificaram que há um aumento na distância do forame apical ao ápice com a idade, devido à contínua deposição de cimento.

Mizutani *et al.*, em 1992, estudaram a anatomia apical de 30 incisivos centrais, 30 incisivos laterais e 30 caninos superiores por meio do desgaste de seus ápices em pequenos incrementos de maneira a determinar, em relação ao forame principal, que: a) os forames apicais de incisivos e caninos estão com maior frequência voltados para disto-vestibular, enquanto os dos incisivos laterais estão para disto-palatino; b) o forame coincidiu com o ápice em 16,7% dos caninos e dos incisivos centrais, e 6,7% nos incisivos laterais; c) a distância perpendicular do forame apical ao ápice foi de 0,51mm nos caninos, 0,45 nos outros dentes; d) as medidas indicam que é maior o forame dos centrais (0,504 x 0,429 – área de 0,150mm²), seguidos pelos dos laterais (0,452 x 0,390 – área de 0,123mm²) e dos caninos (0,425 x 0,375 – área de 0,118mm²); e) a distância média do ápice à constrição apical foi de 0,863mm nos centrais, 0,825 nos laterais e 1.010 nos caninos; f) as dimensões das constrições apicais nos incisivos centrais (0,370 x 0,425 – área de 0,115mm²) foram maiores que as dos caninos (0,313 x 0,375 – área de 0,094mm²) e estas muito próximas das medidas dos laterais (0,307 x 0,369 – área de 0,082mm²); g) a secção transversal do canal ao nível da constrição apical era circular em aproximadamente 50% dos dentes analisados, oval em 20% dos centrais e caninos e 40% dos laterais, elíptica em 20 a 30% dos casos e irregular em dois caninos e um lateral (7 e 3%, respectivamente). Além disso, a dimensão vestibulo-lingual da constrição apical foi maior que a dimensão méso-distal. Os autores apontam que o canal cementário apresentava uma forma cilíndrica e não afunilada, como é comum que seja descrita. Salientam a importância do conhecimento da anatomia para o planejamento e sucesso do tratamento endodôntico.

Blaškovíc-Šubat *et al.*, em 1992, avaliando 230 raízes de dentes permanentes, microscópica e radiograficamente, verificaram que 76% dos forames apicais saem

desviados do ápice radicular, quando avaliados microscopicamente, enquanto radiograficamente esta situação parecia ocorrer em 57% dos mesmos casos. A distância média de 0,99mm foi observada, com predominância de forames saindo desviados para distal (29%).

Simon (1994) descreve o significado de alguns termos de uso rotineiro em endodontia:

- **Ápice:** ponto anatômico ou morfológico situado na extremidade oposta à borda incisal ou superfície oclusal, no término da raiz.
- **Ápice radiográfico:** ponto anatômico ou morfológico situado na extremidade oposta à borda incisal ou superfície oclusal, no término da raiz, visto na radiografia; sua localização e posição podem variar em relação ao ápice anatômico.
- **Forame (maior diâmetro):** é a circunferência linear no fim do canal, onde polpa e periodonto se comunicam.
- **Constricção (menor diâmetro):** porção mais estreita do canal.
- **Junção cimento-dentinária:** é o ponto no qual o cimento e a dentina se encontram dentro do canal.

A partir disso, esse autor esclarece a importância de cada um desses marcos no tratamento endodôntico de dentes com vitalidade pulpar ou necrose pulpar. A seguir o autor relembra os trabalhos de Kuttler sobre anatomia apical, mostra cortes histológicos de dentes nos quais a junção cimento dentina não está na mesma altura e casos de reabsorção, pelo menos do cimento, devido à presença de necrose pulpar e lesão inflamatória apical. O limite de 0,5 a 1,5mm preconizado por muitos autores, devido à distância média de 0,5mm, verificada por Kuttler, entre o centro do forame e a constricção apical, não está de acordo com os artigos que mostram a abundante presença de bactérias na porção apical do canal. De fato, o autor pondera que os 3mm apicais merecem a denominação de zona crítica, por ser esta região crítica para o sucesso do tratamento endodôntico. O autor preconiza que a limpeza desta região crítica, de seu conteúdo necrótico, bactérias e seus produtos, só ocorrerá se a instrumentação for estendida ao ápice radiográfico. Além de permitir a limpeza mecânica, esta tática permitiria a exposição de canais laterais à ação do hipoclorito

de sódio, especialmente em canais constrictos, nos quais esta situação não ocorreria naturalmente. O autor cita, à guisa de exemplo, que em um canal mesial de molar, com polpa necrótica, a instrumentação deveria ser estendida ao ápice radiográfico, da lima 8 à lima 20 ou 25, para a limpeza da região do forame. Na sequência deste exemplo, o autor recomenda que seja formado um *stop* apical com as limas 30, 35 e 40, tão próximo quanto possível do forame apical, atuando em estrutura dentária “sólida”. Segundo o autor, esta abordagem pode ser controvertida, porém está de acordo com os objetivos do tratamento endodôntico, devendo ser realizada, também, em casos com polpa viva. O autor esclarece que a extrusão de detritos será mínima, não correlacionando este procedimento com a ocorrência de *flare-ups* ou dor pós-operatória acentuada, nos casos de necrose pulpar, especialmente se a instrumentação da zona crítica ocorrer a seguir de um procedimento de preparo coroa-ápice. Em suma, enfatiza que muito do sucesso do caso se deve ao tratamento da zona crítica.

Morfis *et al.*, em 1994, avaliaram dentes de todos os tipos sob microscopia eletrônica de varredura, verificando que a ocorrência de mais de um forame apical é comum; o forame tem diâmetro variando de 0,21mm a 0,39mm; a distância máxima do forame apical ao ápice observada foi de 0,98mm, nos incisivos inferiores, variando até o mínimo de 0,47mm, nos incisivos superiores; e todos os dentes apresentaram pelo menos uma foramina apical. Os autores afirmam que o limite de 0,1mm diferencia as foraminas dos forames apicais.

Gutierrez & Aguayo (1.995) analisaram, por meio de microscopia eletrônica de varredura, 10 dentes de cada tipo, com exceção de terceiros molares, 70 superiores e 70 inferiores, com o propósito de determinar o número e a localização de forames apicais, únicos ou múltiplos, em cada raiz. Tabulados os dados, os autores encontraram grande diferença no número de aberturas foraminais em diferentes tipos de dentes, sempre excêntricas em relação ao ápice radicular. Foi nas raízes disto-vestibulares dos 2^{os} molares superiores que os autores encontraram a menor distância ao ápice radicular (0,20mm); sendo que na raiz méso-vestibular dos 1^{os} molares superiores as distâncias foram maiores (3,80mm). Os autores relatam ter encontrado aberturas foraminais na área inter-radicular de

1^{os} e 2^{os} molares inferiores. O maior número de foraminas foi encontrado em 2^{os} pré-molares superiores (até 16), sendo encontradas três ou quatro em caninos superiores e inferiores, e duas ou três em incisivos inferiores. Os autores concluem que a grande variação em número e distância do ápice radicular torna praticamente impossível identificar clinicamente as aberturas foraminais, sendo a sobreinstrumentação um acidente comum que passa despercebido.

Pi *et al.*, em 1996, analisaram a forma do forame em 1282 dentes, verificando que 94,77% se apresentavam circulares ou ovais.

Wu *et al.*, em 2000, avaliaram a forma da porção apical dos canais de 180 dentes, 20 de cada grupo dental. As raízes foram seccionadas, perpendicularmente ao seu longo eixo, a 1, 2, 3, 4 e 5mm. Os autores observaram para os caninos, uma média de 0,31mm de diâmetro para os superiores e 0,47mm para os inferiores, a 1mm do ápice. Já os incisivos inferiores apresentaram a esta altura da raiz 0,37mm de diâmetro do canal. Os canais dos caninos superiores a 1mm se apresentaram pouco ovalados ou circulares, enquanto nos caninos inferiores os autores observaram 11% de canais ovalados com o maior diâmetro duas vezes maior que o menor diâmetro. Nos incisivos inferiores, nesta altura da raiz, foram observados 10% de canais ovais longos.

Briseño-Marroquin *et al.* analisaram, em 2004, utilizando lupa estereoscópica, sob 40 vezes de aumento, a anatomia apical de 523 molares superiores e 574 molares inferiores extraídos de indivíduos da população egípcia. Encontraram duas foraminas em 87,06% das raízes mesiais de molares inferiores e em 71,15% das raízes méso-buciais de molares superiores. Foraminas acessórias foram identificadas em 33% das raízes méso-vestibulares de superiores e 26% das mesiais de inferiores. Nos molares inferiores forames ovais foram observados em 54,63% dos casos, enquanto 40,87% eram circulares e 4,5% irregulares. Já nos molares superiores os forames se apresentaram ovais em 73,4%, circulares em 18,17% das raízes e 8,43% irregulares. Nos forames dos molares inferiores o menor diâmetro era, em média, 0,20mm e o maior diâmetro 0,26mm; nos forames dos canais méso-vestibulares e dos disto-vestibulares observaram 0,18mm por 0,25mm; e nos

palatinos 0,22mm por 0,29mm. A lima que supostamente ficaria justa nos forames, segundo os autores, variaria de 15 a 35.

Baugh & Wallace, em 2005, relataram os resultados de sua revisão da literatura sobre a instrumentação apical durante o tratamento endodôntico. Os dados obtidos pelos autores sugerem que, entre outros temas analisados, a constrição apical tem a tendência de ter forma oval, quando analisada sua secção transversal. Já a dimensão horizontal da constrição apical, encontrada na literatura, varia de canal para canal, e é modificada pela deposição de dentina, reacional ou secundária, depositada com a idade. Esta dimensão variou, em incisivos inferiores do calibre equivalente às limas 25 ao 40; já para os caninos, de 25 ao 50. Os autores salientam a necessidade de que sejam realizadas mais pesquisas sobre as dimensões e a forma da constrição apical devido às grandes variações observadas e ao pequeno número de dentes avaliados em alguns estudos já realizados.

Poladian *et al.*, em 2006, analisaram a anatomia externa e as medidas dos canais radiculares de 394 dentes, ao nível dos terços apical, médio e cervical. No terço apical, a 1mm do ápice, os canais apresentaram um calibre variável de 0,22 (canal vestibular de pré-molar inferior) a 0,5mm (raiz distal do primeiro molar inferior), apresentando uma média de 0,34mm, equivalente a um instrumento 35. Para incisivos inferiores e caninos, a média foi 0,32mm (0,38mm para os caninos e 0,25mm para incisivos inferiores). Os autores enfatizam que o calibre médio dos canais, em seu milímetro final, é muito superior ao calibre geralmente indicado como suficiente para limpar e dar forma ao canal nesta região. Alertam que especial atenção deve ser dada aos incisivos inferiores, já que sua dimensão radicular apical é de 1,3mm, no sentido méso-distal, indicando que não seja utilizada uma lima maior que 45 para que não seja excedido 1/3 do menor diâmetro da raiz.

Hassanien *et al.*, em 2008, analisaram a anatomia apical dos canais de 30 pré-molares inferiores humanos, com rizogênese completa. Os autores verificaram que a constrição apical apresentava 0,22mm de diâmetro, enquanto a 0,5mm do forame encontraram um diâmetro médio de 0,33mm, a 1mm esta medida era de 0,28mm, enquanto observaram a 1,5mm do forame um diâmetro de 0,25mm. O limite CDC observado não

coincidia com a constrição apical, sendo observado mais próximo ao forame do que a constrição apical, apresentando em média 0,32mm de diâmetro. Os autores afirmam que a constrição apical foi encontrada mais longe do forame do que a posição do comprimento de trabalho habitualmente estabelecido. O localizador apical eletrônico Root ZX, testado paralelamente no experimento, indicou um ponto próximo ao limite CDC.

Martos et al., em 2009, avaliaram a distância do forame apical principal do ápice radicular em 1331 raízes. A distância média observada foi de 0,69mm, maior em dentes posteriores (0,82mm) e menor em dentes anteriores (0,39mm). Foi observada grande variação de distância, sendo a maior média encontrada nos molares superiores (0,95mm), seguidos dos pré-molares inferiores (0,87mm), dos molares inferiores (0,80mm). Em 40% das raízes os forames apicais principais coincidiam com o ápice radicular. Os forames apicais foram observados com mais frequência no lado vestibular (20%), com a superfície distal apresentando a segunda maior incidência (14%). Os autores salientam que, nesse estudo, em que não foram incluídos dentes com reabsorção apical, a distância do forame apical ao ápice radicular foi sempre menor que 1mm.

2.2 PATÊNCIA, LIMPEZA E AMPLIAÇÃO DO FORAME APICAL, ASPECTOS MECÂNICOS E BIOLÓGICOS

Johnson, em 1945, relatou tratamento endodôntico de dente com rizogênese incompleta, em dente com vitalidade pulpar de paciente com oito anos de idade, no qual, ao final, foi observada radiograficamente a formação de osso no interior do canal radicular, ocupando seu terço apical.

Vidair & Butcher, em 1955, em um extenso trabalho em 200 dentes de macacos, observaram que houve frequente invasão do canal por tecido conjuntivo em quantidade proporcional ao controle da contaminação conseguido. Os métodos de controle empregados pelos autores são incomuns nos dias de hoje e podem ser em parte responsáveis pelo resultado. Os autores lavaram canais e (ou) dentes extraídos e reimplantados com formalina a 10%, água oxigenada a 10%, monoclorofenol, cloractin e

formo-cresol. Os autores resumem que a extensão da contaminação do canal, mesmo com a realização de manobras para a sua descontaminação, inibe a invaginação de tecido para o interior do canal, seja pela presença de contaminação dos túbulos dentinários, seja por alguma alteração que a dentina possa sofrer.

Selye (1959); Goldman & Pearson (1965); Torneck (1966) e Phillips (1967) verificaram a invaginação de tecido conjuntivo para o interior de tubos artificiais, em testes em subcutâneo de cobaias, dando base aos experimentos que posteriormente viriam a demonstrar que esta situação acontece no canal radicular.

Matsumiya & Kitamura, em 1960, observam a invaginação de tecido da região apical para o interior do canal, em dentes de cães, nos quais havia sido permitida a contaminação e posteriormente os canais foram tratados e utilizadas diversas medicações intracanal, obtendo adequada desinfecção. Os autores usam a expressão póliplo de canal radicular (*root canal polyp*) para caracterizar este tecido neoformado.

Muruzabal *et al.*, em 1966, constataram que o cimento endodôntico extravasado em casos de sobreobturação provoca reações variadas. Na maioria dos casos o material é lentamente reabsorvido, sendo em algumas ocasiões a reabsorção mais rápida quando o material está menos condensado. Os autores supõem que cimento extravasado entre em contato com a umidade do tecido, não tomando presa adequadamente, o que favoreceria sua menor condensação e conseqüente reabsorção. Foram observadas raspas de dentina na região periapical.

Erausquin & Muruzabal, em 1968, acompanharam os eventos histopatológicos que ocorreram em canais radiculares de 43 ratos após o tratamento endodôntico parcial, deixando o canal preenchido com sangue coagulado. Os coágulos foram lentamente substituídos por tecido neoformado, oriundo da região periapical, chegando em muitos casos a sofrer calcificação. Em alguns dentes, nos períodos experimentais mais longos, foram observadas áreas de necrose nas proximidades do selamento coronário. Em três dentes em que houve fratura coronária, a contaminação do canal gerou necrose do tecido que havia ocupado o canal e processo inflamatório periapical.

Davis *et al.* (1971) verificaram em dentes de cães a evolução histológica do reparo periapical em casos de instrumentação aquém do ápice, com obturação 3mm aquém, a 1mm ou com sobreobturação. Porém, em vista da constatação na análise histológica de casos com ampliação do forame, diferente do sugerido pela análise radiográfica, os autores se viram forçados a mudar os grupos experimentais inicialmente planejados. De fato, os grupos foram: quatro canais com extensa sobreobturação; cinco canais preenchidos até o ápice com fragmentos de cimento extruídos além do forame apical; nove canais obturados até 1mm aquém do ápice; seis canais instrumentados a 1mm do ápice e obturados a 3mm; e oito canais instrumentados até ou ligeiramente além do ápice e preenchidos 3mm aquém. No grupo da sobreobturação as evidências de reparo foram mínimas, havendo em um caso a formação de um abscesso crônico. No segundo grupo o reparo foi a tônica, embora as partículas de cimento extruídas estivessem circunscritas por células características da inflamação crônica. No terceiro grupo o reparo ocorreu em oito dos nove canais; porém, foi possível verificar a necrose dos segmentos pulparez que ocupavam as ramificações do canal no típico delta apical de cães. No grupo em que a instrumentação foi a 1mm e a obturação a 3mm, foi observada em todos os casos a presença de infiltrado inflamatório crônico, havendo, em alguns dos casos, tecido necrótico ocupando a porção não obturada do canal.

Holland *et al.*, em 1971, analisaram histologicamente o processo de reparo, em dentes de cães com rizogênese incompleta, instrumentados e preenchidos com pasta de hidróxido de cálcio. Os resultados indicaram formação de ponte de dentina de 1 a 4mm do ápice, nestes casos com invaginação de tecido conjuntivo e deposição de tecido duro nas paredes do canal radicular.

Canzani (1971) cita que há fundamentalmente duas condutas clínicas no tratamento de processos patológicos apicais e que tais condutas deram origem a duas escolas endodônticas. Uma respeitaria o limite apical e não utilizaria instrumentos além dele, e a outra chegaria ao tecido enfermo e o trataria topicamente. O autor cita que vem utilizando esta segunda filosofia, relatando um percentual de êxito muito alto, além de uma maior rapidez na cicatrização óssea periapical.

Torneck *et al.*, em 1973, avaliaram a evolução do processo de reparo apical em 13 dentes de macacos com rizogênese incompleta, que tiveram seus canais instrumentados e obturados. Encontraram em diversos momentos do processo de reparo e em variadas intensidades a formação de cimento sobre as paredes internas do canal, evidentemente resultante de invaginação de tecido do ligamento periodontal, e em outros casos a formação de osso no interior dos canais. Nos casos avaliados por maior tempo ocorreu a completa formação de tecido mineralizado obturando o canal em sua porção final.

Weine *et al.*, em 1975, analisaram o efeito da instrumentação em canais curvos em blocos de resina, observando que independente do operador, tipo de lima empregado e movimento dado às limas, nenhum preparo se apresentava afunilado do ápice ao orifício cervical. A porção mais constricta do canal se encontrava aproximadamente no meio da curvatura, dando ao canal uma forma de ampulheta; as limas utilizadas mesmo quando pré-curvadas sofriam uma retificação durante as introduções e retiradas; na porção final do canal houve uma deformação no preparo, ampliando o canal no sentido oposto à curvatura, tendo sido este fenômeno impossível de ser neutralizado. Em alguns casos a instrumentação foi realizada além do forame dos canais artificiais. As fotografias realizadas desses forames mostraram que as limas os ampliaram criando uma forma de gota, à qual os autores deram o nome de *zip*. Em dentes extraídos que apresentavam o forame apical saindo aquém do ápice radicular, selecionados para completar o experimento, os autores verificaram as mesmas características, observando a formação de *zip* no forame, a forma de ampulheta e a presença de ombro na porção de maior constrição, visíveis radiograficamente. Os autores discutem que nos canais em que se tenha uma forma de gota na porção apical seria difícil obter uma adequada obturação com qualquer técnica de obturação baseada em cones de secção circular.

Hørsted & Nygaard-Östby, em 1978, realizaram biopulpectomias em 20 dentes de humanos com ampliação de seus forames apicais com limas Hedström, número 3 a 5, obturando-os na mesma sessão 2 a 4mm aquém do ápice. Após dois meses, os canais se apresentavam ocupados por tecido conjuntivo invaginado até a obturação, levemente inflamado na área próxima à obturação. Seis a 10 meses após a obturação, as porções

apicais deixadas sem obturar foram encontradas ocupadas por um tecido fibroso rico em células, com alguns linfócitos próximos ao material obturador.

Tronstad, em 1978, verificou que a presença de um *plug* de raspas de dentina, em biopulpectomias realizadas em dentes de macaco, levou à formação de tecido similar a cimento, frequentemente selando o forame principal, foraminas acessórias e canais laterais. Em um período de 95 dias após as obturações dos canais, 91,7% (22/24) dos casos eram considerados sucesso. Nos canais do grupo controle, sem *plug*, nesse mesmo período pós-operatório, o índice de sucesso era de 47,6% (10/21); dos dez dentes bem-sucedidos, em seis, mesmo sem esta intenção, havia sido produzido acidentalmente *plug* de raspas de dentina. O autor relata que o *plug* de raspas de dentina preveniu o extravasamento de material obturador.

Holland *et al.*, em 1979a, verificaram que em forames ampliados, mesmo quando era forçada pasta de hidróxido de cálcio além do ápice, houve invaginação de tecido na porção apical do canal principal e adequado reparo, a despeito, segundo os autores, do trauma provocado aos tecidos periapicais. No grupo controle, com canais contaminados, a evolução do quadro histopatológico foi ruim, provavelmente devido à infecção.

Holland *et al.*, em 1979b, realizaram biopulpectomias em duas sessões em canais de pré-molares de cães, instrumentados com arrombamento do forame até 40 em um grupo e até 80 em outro grupo. Os autores verificaram invaginação maior e mais consistente no grupo com maior ampliação.

Holland *et al.*, em 1980, avaliaram, em dentes de cães, o efeito de um *plug* apical de raspas de dentina contaminadas formado experimentalmente antes da obturação dos canais. A análise histológica mostrou, no grupo controle sem *plug* apical, ligamento periodontal espessado e moderadamente infiltrado com células inflamatórias crônicas especialmente localizadas próximas ao material obturador. Neste grupo havia em alguns casos pequena reabsorção de cimento, enquanto outros apresentavam neoformação de cimento. Em nenhum caso se observou selamento biológico ou reabsorção óssea periapical. No grupo em que os *plugs* apicais contaminados foram compactados, em todos os casos o

espaço periodontal estava bastante ampliado e ocupado por tecido de granulação e microabscessos, em íntimo contato com o forame apical; reabsorções cementárias foram vistas com maior frequência, assim como reabsorções ósseas. Não foram observadas áreas de neoformação de cimento ou osso. Os autores concluem que o *plug* de raspas de dentina contaminada produziu resultados completamente desfavoráveis, não indicando o *plug* de raspas de dentina como recurso clínico, ao menos nos casos de dentina previamente contaminada.

Oswald & Friedman, em 1980, avaliaram dentes de gatos nos quais, após a ampliação dos forames apicais, um dente era obturado após a colocação de um *plug* apical de raspas de dentina, enquanto outro dente, no mesmo gato, era obturado convencionalmente; verificaram que os achados histopatológicos de dentes com *plug* apical apresentavam maior normalidade e bons resultados.

Holland *et al.*, em 1981, concluíram que o uso de Otosporin foi eficiente na reversão do processo inflamatório provocado pela sobreinstrumentação feita experimentalmente em dentes de cão, analisada sete dias após a instrumentação. Nesse artigo os autores citam a sobreinstrumentação como um fator adverso ao processo de reparo dos tecidos periapicais após a execução do tratamento endodôntico.

Em 1983, Nitzan *et al.* analisaram os conceitos envolvidos na sobreobturação e sobreinstrumentação atingindo o canal mandibular durante tratamentos endodônticos. Na introdução do artigo os autores afirmam: “Já foi bem estabelecido que a sobreobturação tem que ser evitada durante a obturação. A sobreobturação do canal radicular está indicada somente naqueles casos que serão seguidos de apicectomia, quando o material estranho será removido. Sobreobturação acidental pode ocorrer com material mole (por exemplo, certas pastas e cimentos) ou material duro (tais como guta-percha e cones de prata). Tais sobreobturações podem causar uma desnecessária irritação mecânica e química, que pode estorvar o processo de reparo do tecido periapical e assim diminuir a probabilidade de um prognóstico bem sucedido. O paciente pode sentir dor pós-operatória aguda, localizada, que gradualmente desaparece. Quando o nervo mandibular é injuriado, a dor não é somente localizada na área periapical, mas é irradiada para toda a área inervada pelo nervo ferido.”

Os autores apresentam sete casos clínicos e suas consequências; relatando casos com reação dolorosa ao acidente, na maioria acompanhados de parestesia mais ou menos intensa. Além de descrever a possível lesão do nervo mandibular, e as situações clínicas e a intensidade do trauma e suas consequências, delinearão o tratamento recomendado nestes casos.

Benatti *et al.* (1985) analisaram histologicamente o efeito da ampliação do forame apical, em dentes com polpa viva de cães adultos. Cento e trinta e quatro canais de pré-molares de 13 cães foram preparados 2mm aquém do ápice radiográfico e após esta instrumentação, os forames apicais foram ampliados até os calibres 40 ou 60 ou 80; e os canais obturados a 1-2 ou 3mm. Os cães foram sacrificados após períodos pós-operatórios de três, sete, 30 e 120 dias. As observações histológicas foram variadas. Aos três dias observaram coágulo sanguíneo, fragmentos de tecido mineralizado e tecido do ligamento periodontal desorganizado e intensamente inflamado. Aos sete dias verificaram o início do processo de organização, com um tecido de granulação inconsistente se projetando para dentro do canal; em alguns casos o tecido de granulação apresentava infiltrado inflamatório crônico, em outros se encontrava mais fibroso, não se observando diferença nos vários grupos experimentais. Aos 30 dias foi identificado invariavelmente um “coto pulpar artificial” caracterizado por uma celularidade aumentada e intensa proliferação de fibroblastos e angioblastos, livre de inflamação; uma fina camada de cimento começava a se depositar nas paredes internas do canal, apresentando, o tecido sobre este novo cimento, normalidade. No grupo de dentes analisados após 120 dias, os autores observaram evidência de maturação do tecido invaginado, expressa pela redução da celularidade, apresentando maior densidade de fibras e paredes dos vasos sanguíneos bem definidas. Neste último período foi verificada a formação de tecido ósseo invadindo o canal via forame apical quando este foi alargado com a lima 80. Outro achado nos casos observados por maior prazo foi o aumento da espessura do cimento depositado recobrimdo a parede dentinária do canal.

Brady *et al.*, em 1985, verificaram em dentes de macacos que a criação intencional de um *plug* de dentina no limite apical de dentes com o forame ampliado gerou piores resultados histológicos do que aqueles observados em médio prazo em dentes do

outro grupo avaliado, cujos canais foram simplesmente obturados com guta-percha e cimento endodôntico.

Seltzer & Naidorf, em 1985, analisaram os fatores etiológicos que poderiam levar ao aparecimento de dor e edema – *flare-up* – antes e durante os tratamentos endodônticos. Ponderam que a “injeção periapical” de um novo irritante, medicação intracanal, solução irrigadora, ou proteínas quimicamente alteradas pode provocar uma alteração denominada “síndrome da adaptação local”. Este fato ocorrendo em um caso com tecido de granulação apical pode gerar a uma reação violenta de abscesso periapical. Os autores analisam que bactérias podem provocar a produção de fator de Hageman que leva à produção de bradicinina, um potente mediador de dor; além disso, a produção de endotoxinas também pode acarretar a formação de dor.

Souza Filho (1987a) e Souza Filho *et al.* (1987b), demonstraram, em cães, que após a ampliação do forame apical até a lima 60, em casos com necrose e lesão apical, obturados 2 a 3mm aquém, ocorreu, no prazo de 90 dias, invaginação de tecido do ligamento periodontal ocupando a porção do canal preparada e não obturada, em 67,8% dos casos. Na maioria dos casos a lesão apical pré-existente, nesse momento, tinha reduzido a um pequeno espessamento visível radiograficamente. Em alguns casos persistiu a lesão pré-existente, possível e provavelmente devido à permanência da infecção. Na maioria dos casos em que houve invaginação de tecido, este se apresentava fibroso com um moderado infiltrado inflamatório crônico. Achados histológicos comuns eram: a formação de cemento reparando áreas de reabsorção, cemento recobrimdo a parede interna do canal e no contato do tecido invaginado; em contato com o material obturador, uma camada hialina sem evidência de calcificação.

Fairbourn *et al.*, em 1987, verificaram que em canais de dentes extraídos, nos quais havia patência realizada com uma lima calibre 10, a extrusão de raspas de dentina via forame foi menor no grupo de dentes em que se realizou a ampliação da porção coronária do canal seguida da técnica escalonada, comparando com casos em que se empregou a mesma técnica sem ampliação prévia.

Kiryu *et al.*, em 1994, relatam que as bactérias por eles isoladas do cimento periapical são provenientes originalmente do canal radicular, chegando ao cimento via lesão periapical. Esses autores concluem que as bactérias encontradas no cimento periapical podem ter importante papel na patologia de lesões periapicais crônicas.

Yared & Dagher, em 1994, verificaram que a sobre-extensão da obturação foi maior em dentes cujos forames tinham sido ampliados até o calibre 40, quando comparados à mesma situação, nestes mesmos dentes, antes da ampliação, enquanto seus forames tinham uma ampliação inicial até uma lima de número 25.

Debelian *et al.*, em 1995, verificaram que a sobreinstrumentação de dentes com canais contaminados provocou bacteremia, aproximadamente, em 50% dos casos. Nos casos em que não foi realizada a sobreinstrumentação, em canais instrumentados a 1mm aquém do forame apical, a bacteremia ocorreu em 30% dos pacientes. Os autores verificaram que os mesmos micro-organismos encontrados no canal eram os detectados na corrente sanguínea, concluindo que as bactérias recuperadas eram oriundas dos canais radiculares instrumentados e haviam sido forçadas além do forame apical e adentrado os vasos sanguíneos, como resultado do tratamento endodôntico.

Serene *et al.*, em 1995, apresentam, em seu livro sobre a aplicação de instrumentos de NiTi em Endodontia, imagens de forames apicais ampliados por instrumentos de NiTi acionados a motor, cujo contorno se mostra perfeitamente circular.

Souza Filho (1995) e Souza Filho *et al.* (1996) avaliaram a influência do nível da obturação e do alargamento do forame apical no processo de reparo tecidual. As obturações, realizadas em pré-molares inferiores de cães adultos, foram realizadas a 1-2 e 3-4mm do ápice; e o alargamento do forame apical foi até a lima 25 ou 40. Para a avaliação histopatológica da região apical, os cães foram sacrificados 180 e 360 dias após as obturações. No grupo experimental de 180 dias, os autores relatam ter encontrado tecido conjuntivo invaginado variando de mais celular, apresentando predominância de angioblastos e fibroblastos, a um tecido conjuntivo mais maduro e fibroso; foram frequentemente encontradas deposições de cimento nas paredes dos canais. No mesmo período experimental, no grupo controle, no qual os canais não eram obturados, foram

observadas consistente inflamação periapical e ausência de invaginação de tecido conjuntivo. Após 360 dias, os autores observaram quadro semelhante ao grupo anterior, porém, com predomínio de tecido conjuntivo mais fibroso. Além disso, nesse período foi maior a ocorrência de tecido mineralizado obturando totalmente o forame apical.

Cailleteau & Mullaney, em 1997, analisaram 48 questionários respondidos, de um total de 53 enviados a escolas de Odontologia americanas, tendo como base o ensino de patência apical, o calibre da lima de patência, o limite de trabalho para a confecção do *stop* e a técnica de obturação preconizada. As respostas indicaram que 50% das escolas ensinam algum tipo de patência apical, 42% delas utilizando a lima 10 (33% a 15 e 25% a 20); cerca de 50% indicam a distância de 1,0mm do ápice radiográfico para a confecção do *stop*; a técnica de instrumentação mais usada foi a *step-back*; e a quase totalidade das escolas ensina seus alunos a utilizarem a técnica da condensação lateral para a obturação dos canais. As respostas indicaram, também, que os alunos de pós-graduação eram treinados para dominar uma maior variedade de técnicas endodônticas.

Souza, em 1998, relatou os resultados observados na preservação de 20 dentes com lesão apical tratados convencionalmente, com o detalhe de terem tido seus forames apicais mantidos patentes com a passagem de uma lima fina. O autor verificou que a distância do término da obturação ao ápice radiográfico não foi o fator mais influente no sucesso do tratamento, sendo a qualidade da limpeza e modelagem do canal o fator mais importante.

Ribeiro *et al.*, em 1998, verificaram, *in vitro*, que a ampliação do forame apical realizada intencionalmente em raízes mesiais de molares inferiores, com as técnicas de instrumentação escalonada, ultrassônica e utilizando o Sistema Canal Finder, não provocou transporte do forame apical de maneira significativa. Ocorreu transporte do forame por todas as técnicas, sendo menor o observado após o uso da técnica ultrassônica, seguido da técnica escalonada e do Sistema Canal Finder. Os autores discutem ser a curvatura radicular um fator de grande importância na eficiência da instrumentação. Consideram que em canais curvos os instrumentos não conseguem tocar todas as paredes do canal e que tais situações acabam por contribuir para uma diminuição do índice de sucesso do tratamento

endodôntico, ao aumentarem a frequência de desvios, perfurações, fraturas de instrumentos e outros acidentes observados em alguns casos.

Aragão *et al.*, 1998, analisaram a forma do forame apical, em 60 caninos superiores, após instrumentação 1mm além do comprimento do canal, com limas flexofile e NiTiflex, utilizadas manualmente em movimento de limagem ou alargamento, e com instrumentação mecânico-rotatória, empregando os sistemas Quantec, LigthSpeed e Profile. Os ápices foram fotografados após a instrumentação, com câmera fotográfica dotada de lente para macrofotografia, e as imagens, depois da revelação das fotos, foram medidas e definido o fator de regularidade, pela divisão do maior diâmetro pelo menor diâmetro. Os canais apresentavam diâmetros anatômicos 15, 20 e 25 e curvatura moderada. A ampliação do extremo apical do canal foi levada em todos os canais ao calibre 35. Os resultados indicaram que as limas de níquel-titânio, usadas manualmente, ou acionadas a motor, produziram canais mais circulares do que as limas de aço inoxidável, movimentadas manualmente. Comparando o movimento dado às limas ocorreu menor deformação com o movimento oscilatório, sendo o pior resultado observado com as limas de aço em movimento de limagem.

Beeson *et al.*, em 1998, compararam a extrusão de raspas de dentina e formação de *plug* apical em canais instrumentados com limas manuais e sistema Profile, com e sem patência apical. Os resultados indicaram que a maior extrusão aconteceu quando os instrumentos trabalharam no limite do forame apical, com pior desempenho para a instrumentação escalonada com limas tipo K. O Sistema Profile, a 1mm do forame apical, provocou menor extrusão. Quando os canais foram trabalhados a 1mm, por qualquer das técnicas, foi observada a formação de *plugs* dentinários apicais.

Gutiérrez *et al.*, em 1999, realizaram o tratamento endodôntico, com instrumentação além do forame até a lima 40 e sobreobturação, em dentes que apresentavam canais contaminados, recém-extraídos. Após o tratamento, os ápices foram seccionados, fixados, preparados e observados ao microscópio eletrônico de varredura. Os autores observaram bactérias no ápice dos dentes, ao redor do forame apical, permanecendo firmemente aderidas a lacunas de reabsorção, a despeito de terem ocorrido transformações

nestes ápices, tais como fratura e arrombamento do forame. Na descrição das imagens, os autores mostram que a lima passando pelo forame apical produz pequenas lascas de dentina e (ou) cimento cuja forma eles simbolizam como sendo semelhante à da “casca de uma banana descascada”.

Lam *et al.*, em 1999, instrumentaram canais curvos, em blocos de resina, com diversos instrumentos, de aço inoxidável ou de NiTi, e analisaram fotograficamente as modificações provocadas pelo desgaste da resina. Os canais foram instrumentados 1mm além do forame, com limas de calibre 15 ao 40. Os resultados apontaram que as limas de aço inoxidável, à altura do forame, produziram maior deformação do que as de liga NiTi. As medidas dos desgastes indicaram que, na face convexa da curva apical, houve maior deformação no limite do forame, aumentando proporcionalmente com o aumento do diâmetro do instrumento utilizado. Na face côncava da curvatura apical ocorreu o inverso, com menor deformação no limite do forame. Ocorreu aumento do transporte do canal com o aumento do diâmetro da lima para todos os tipos de limas e todas as áreas do canal analisadas. Os autores presumem que nos canais instrumentados com limas de liga NiTi a obturação com cones de maior calibre, a 1mm do forame, será provavelmente melhor adaptada ao canal, devido a sua maior regularidade, do que nos canais instrumentados com limas de aço inoxidável, nos quais ocorreu maior deformação.

Hülsmann & Hahn, em 2000, analisam três casos, e revisam a literatura, em que ocorreu injeção de líquido irrigador de canais além do forame apical, verificando que a maioria dos casos ocorre por inadequada determinação do comprimento de trabalho, ampliação iatrogênica do forame apical, perfuração lateral ou ajustamento da cânula irrigadora à luz do canal impedindo o refluxo.

Souza (2000a) analisa a importância da limpeza do forame apical. O autor salienta que classicamente o endodontista respeita os tecidos periapicais, fato que não causa problema em casos de polpa viva, porém é discutível em casos de necrose pulpar devido à contaminação do terço apical do canal. Salienta, também, que a limpeza do forame tem um objetivo biológico, pois, ao serem removidos os irritantes desta região do canal favorece o processo de reparo; e um objetivo mecânico, pois ao evitar a obstrução do canal por raspas

de dentina condensadas, favorece o adequado efeito das soluções irrigadoras e da medicação intracanal. O autor observa que manter patente o forame apical, com limas de fino calibre, é diferente de limpá-lo. Patência seria recapitulação evitando a deposição das raspas e bloqueio do canal, e a limpeza do forame apical seria conseguida trabalhando com uma lima justa à constrição apical. O autor recomenda que a patência seja mantida durante a instrumentação e a limpeza seja feita ao final. Para os casos de polpa viva, cita que a limpeza teria de ser feita com vários instrumentos, já que a remoção de tecido vivo desta região seria mais difícil do que o que ocorre nas necro-pulpectomias; porém, devido ao excesso de manipulação o autor não a recomenda.

Souza (2000b) avaliou a dor pós-operatória decorrente do tratamento endodôntico de 58 dentes com lesão periapical, instrumentados com limpeza do forame apical. Como descrito anteriormente, na instrumentação realizada por Souza a patência do forame apical é mantida durante toda a instrumentação e a limpeza feita com um instrumento justo à constrição apical, ao final. A solução irrigadora empregada foi o hipoclorito de sódio 1%. Cinqüenta e quatro dentes não apresentaram dor pós-operatória (93,1%), quatro, dor moderada (5,2%) e um apresentou dor intensa (1,7%).

Buchanan, em 2000 e 2001a, 2001b, 2001c, 2001d, 2001e, relatou em uma série de seis artigos os cuidados necessários para a instrumentação de canais de diversos tipos, utilizando uma técnica simplificada com instrumentos GT. Em comum essas técnicas têm, entre outros detalhes, a manutenção da patência apical com limas adequadas ao calibre apical, e o uso de limas de maior calibre a 0,25mm e 0,5mm do ápice dental. O autor enfatiza a importância da manutenção da patência apical no sucesso da instrumentação.

Lambrianidis *et al.*, em 2001, observaram a influência da patência do forame apical na extrusão via forame ocorrida durante a instrumentação em 33 incisivos superiores com raízes retas. Os dentes foram adaptados à tampa de frascos de vidro e instrumentados pela técnica escalonada até o calibre 30 na altura da constrição apical e escalonados até 70, 3,5mm aquém deste ponto. O hipoclorito de sódio e os detritos dentinários extravasados via forame foram pesados. Os canais foram novamente trabalhados com a ampliação do forame com uma lima 30 passando 3mm além do limite da instrumentação anterior. A seguir os

canais foram instrumentados até a lima 55, 1,5mm aquém do comprimento de trabalho anterior, para criar um degrau, e o canal foi escalonado até a lima 90. Após esta segunda etapa, foram novamente coletados e pesados o hipoclorito de sódio e os detritos dentinários extravasados. As pesagens indicaram um extravasamento de 0,404g na primeira etapa e 0,015g na segunda etapa, após a patência do canal. Os autores enfatizam o paradoxo, comparando seus resultados com a literatura pertinente, relativo ao maior extravasamento no momento em que se esperaria menor extravasamento proporcionado pela formação de um tampão de raspas de dentina na porção apical.

Kašťáková *et al.*, em 2001, instrumentaram 120 caninos de humanos, superiores ou inferiores, confeccionando em metade deles uma matriz apical (ou *stop* apical), enquanto a outra metade teve sua instrumentação estendida além do forame. A matriz apical foi confeccionada até uma lima 50 a 1mm do forame apical, e no outro grupo o forame foi ampliado até uma lima 40. Metade de cada um desses grupos teve os canais obturados pela técnica da condensação lateral a frio e a outra metade teve os canais obturados pela técnica da condensação vertical de Schilder (conforme descrição de Ruddle). Uma parte dessa amostra (80 caninos) foi utilizada para avaliar a infiltração marginal, após o preparo dos canais para pino, quando foram deixados 4mm de obturação apical. Outra parte da amostra (40 caninos) foi utilizada para avaliar o deslocamento do cone principal de guta-percha durante a obturação. Na análise da infiltração marginal, os resultados encontrados não apresentaram diferenças estatisticamente significativas entre os quatro subgrupos testados. No teste da extrusão de material obturador, foi observada extrusão de cimento em todos os casos, independente da presença ou não de matriz apical ou da técnica de obturação empregada; quanto à extrusão de guta-percha, não foi observada diferença estatisticamente significativa entre os canais com e sem matriz apical. Porém, foi observada diferença estatisticamente significativa com maior extrusão de material (em peso) na técnica de condensação vertical quando comparada à técnica de condensação lateral em dentes com matriz apical. Os autores concluem que a presença de matriz apical não influi para diminuir a infiltração marginal ou a extrusão de material obturador.

Em 30 dentes extraídos, Goldberg & Massone, em 2002, testaram a deformação do forame observada após a instrumentação dos canais com limas tipo K, com os calibres 10, 15, 20 e 25, em um primeiro grupo, com a deformação observada no segundo grupo que teve os forames ampliados com a lima K 10 seguida das limas 15, 20 e 25 de níquel-titânio. Este teste foi realizado em incisivos laterais superiores que tiveram seus forames fotografados antes e após a instrumentação. Cada lima de patência foi utilizada passando 1mm além da constrição apical, este movimento repetido três vezes. A análise das fotografias mostrou que a deformação apical ocorreu em 60% dos canais testados, em igual quantidade nos dois grupos. No grupo 1 a deformação iniciou na lima 10 em 55,5% dos casos, na lima 15 em 33,3% e na lima 20 nos restantes 11,1%. No outro grupo, quando utilizadas limas NiTi, o transporte do forame começou na lima 10 em 55,5% dos casos, com a lima 15 em 11,1%, com a lima 20 em 22,2% e com a lima 25 em 11,1%. Os autores salientam que a deformação do forame começou com a lima 10 em 33,3% dos casos, sendo aumentada com as limas subsequentes. Embora as limas sejam menores que o calibre de muitos forames, devido a sua posição excêntrica, gerada pela memória elástica, as limas atuaram em uma única parede. Os autores dizem não entender como as limas de patência podem ser usadas sem modificar a forma e calibre dos forames apicais, principalmente em canais curvos. Os autores sugerem que a lima de patência quando usada seja a mais fina possível.

Flanders, em 2002, postula que a completa eliminação do conteúdo do canal é obrigatória para a previsibilidade do sucesso do tratamento endodôntico. O autor completa que “estabelecer e manter a patência apical do sistema de canais radiculares é crítico para serem atingidos os objetivos da adequada limpeza, modelagem e obturação, não obstante a timidez com que esta região era tratada no passado”. O autor cita ser opinião corrente que é adequado instrumentar e obturar de 0,5 a 2,0mm aquém do ápice radiográfico, porém, cada canal é único e a exata posição do forame não se consegue precisar. O autor indica o uso de localizadores apicais eletrônicos para a determinação da posição do forame apical de maneira a indicar o comprimento de trabalho ideal. A intenção da patência descrita é a de manter o forame desobstruído sem ampliá-lo, lançando mão de limas calibre 10 ou 15. Forçar limas mais calibrosas somente destruiria a constrição apical natural que deve ser

preservada para manter a forma de resistência apical e permitir uma apropriada hidráulica da obturação. A extrusão de cimento, e não de guta-percha que ficaria confinada à área ampliada do canal, não causaria desconforto e de maneira alguma comprometeria o sucesso do tratamento, ao contrário o ampliaria. Nos canais com curvaturas abruptas seria necessário imprimir curvaturas abruptas ao milímetro final da lima de patência para que seja possível sua utilização além do forame.

Schon, em 2002, complementa o descrito por Flanders, relatando sua experiência de 30 anos de endodontia empregando o mesmo cuidado para manter o forame apical desobstruído com limas muito finas de maneira a não ampliá-lo. O autor relata que os termos contato apical e recapitulação expressam o mesmo que patência do forame apical.

Izu *et al.*, em 2004, testaram a efetividade do hipoclorito de sódio a 5,25% em evitar a contaminação da região periapical quando a lima de patência, propositalmente contaminada com *streptococcus sanguis*, era ultrapassada além do forame, atingindo um recipiente com meio de cultura, fazendo pequena inoculação caso estivesse contaminada. Como não ocorreu o turvamento do meio de cultura, os autores concluíram que o hipoclorito de sódio a 5,25% imprime descontaminação suficiente para “neutralizar” a inoculação de bactérias viáveis na região periapical.

Tinaz *et al.*, em 2005, verificaram o aumento da extrusão de raspas de dentina durante a instrumentação de canais com forames ampliados até o equivalente a uma lima 20 ou 40 antes da instrumentação. Este fato ocorreu durante o uso de técnica manual ou utilizando instrumentos rotatórios (ProFile.04). A extrusão foi maior nos dentes em que a ampliação do forame foi maior.

Em 2005, Holland *et al.*, com o intuito de avaliar o efeito da patência apical e de um cimento à base de hidróxido de cálcio (Sealer Plus) e outro à base de OZE (Fill Canal), prepararam canais de dentes de cães até a lima 40, ao nível do limite CDC, e ampliaram o canal até o ligamento periodontal, até o instrumento 25. Os canais foram obturados com cones de guta e um dos dois cimentos, com e sem a patência apical. Os resultados obtidos após 60 dias indicaram melhor comportamento biológico para os dentes em que não foi realizada a patência apical (escore médio 1,43); já nos dentes em que a

obturação ocorreu com Sealer Plus e foi realizada a patência, com a provável remoção do “coto pulpar” experimentalmente induzido, foi observado o segundo melhor comportamento biológico (escore médio 1,75), a seguir o grupo em que se obturaram os canais utilizando o cimento Fill Canal sem patência apical (escore médio 2,04) e por fim o grupo de canais obturados com Fill Canal e com patência apical (escore médio 2,23).

Mounce, em 2005, utilizando expressão cunhada por Buchanan, compara as atitudes e suas supostas consequências, do grupo de “Amantes da Polpa”, com as atitudes e consequências do grupo dos “Bárbaros Apicais”. O primeiro grupo se caracterizaria por dar elevada importância aos tecidos periapicais, evitando a sua irritação pelo contato de limas durante os procedimentos de patência na instrumentação ou de cimento e (ou) guta-percha nos procedimentos de obturação do canal. O segundo grupo seria francamente partidário do uso da patência apical para limpar o forame e da ocorrência de um pequeno extravasamento para caracterizar uma adequada limpeza e correto preenchimento do sistema de canais radiculares. O autor cita que os dois grupos concordam quanto à necessidade de manter o forame apical em sua posição original em relação ao ápice anatômico, criar uma forma afunilada contínua com a instrumentação do canal para facilitar a obturação. O autor afirma que a anatomia do forame é irregular e nem sempre uma constrição apical definida está presente. Com os deltas apicais, todas as variáveis de anatomia apical são possíveis. O autor apresenta sua opinião empírica de que manter a patência do forame é necessário para se atingir a excelência nos procedimentos endodônticos. Crê que deixar tecido na porção apical não se coaduna com a limpeza, modelagem e obturação tridimensionais. Acredita, também, que utilizando os localizadores apicais eletrônicos é possível determinar a posição da constrição apical. Tal fato é coadjuvado por radiografias, confirmado pelo tato e testado com cones de papel, durante a secagem dos canais, para verificar o comprimento do contato destes cones com o tecido periapical, caracterizado pela extensão do umedecimento do cone de papel. Por fim, aponta que o futuro dirá, pela análise do sucesso dos tratamentos executados pelos dois grupos citados, qual escola filosófica estaria correta.

Dandakis *et al.*, em 2005, avaliaram o selamento apical de obturações de canais instrumentados com ampliação da constrição apical até o calibre 35. As obturações foram

realizadas em três grupos de 10 pré-molares inferiores de humanos, recém-extraídos, apresentando canal único e calibre apical compatível com a sensação de ajustamento de uma lima 15. Os canais foram obturados pela técnica de condensação lateral, em um grupo com o cimento Roth 811, em outro com o cimento Topseal e no terceiro com Apexit. Os resultados, observados em cortes obtidos a cada 600µm, mostraram infiltração em todos os canais. Houve menor infiltração nos canais obturados com Topseal quando comparados aos obturados com os outros dois cimentos ($p < 0,01$). Não ocorreu o deslocamento do cone principal da obturação para apical, já que não foi observada a presença de guta-percha no milímetro final de nenhum dos canais. O extravasamento de cimento foi observado com frequência. Os autores discutem a eficácia dos cimentos à base de resina epóxica, grupo ao qual pertence o Topseal.

Souza, em 2006, conceitua e discute a limpeza do forame apical e a patência apical. Observa que a penetração repetida do forame apical durante a instrumentação, com uma lima de calibre apropriado, previne o acúmulo de detritos nesta área, mantendo o forame desbloqueado, i.e. patente; conceito referido como patência do forame apical. Para a execução desse procedimento, o autor sugere o uso de uma lima dois números menor do que a que travaria no forame apical, folgada, portanto, já que uma lima justa, com grande probabilidade impulsional raspas para a região periapical. Este procedimento manteria o forame desobstruído, sem necessariamente limpá-lo. Para tanto, seria necessário utilizar uma lima justa no forame para atuar em todas as suas paredes cementárias. Com isso o autor estabelece a diferenciação de um objetivo mecânico, determinado pela patência do forame, e um objetivo biológico, estabelecido pela limpeza do forame, ao descontaminá-lo nos casos de necrose pulpar e lesão periapical. O autor analisa a necessidade, nos casos de vitalidade pulpar, de a limpeza do forame ser feita com uma lima muito fina, minimizando o trauma ao tecido contido no canal cementário, sendo desnecessária a limpeza do forame apical, já que esta região não apresenta contaminação. O autor esclarece que, se a intenção for descontaminar o cimento que invagina pelo forame apical até próximo à constrição apical, seria preciso usar uma a duas limas, além da que primeiro se ajusta ao canal, para, após a ampliação da constrição apical, tocar as paredes do canal cementário.

Gomes-Filho et al., em 2008, avaliaram, após a obturação dos canais de 27 dentes que apresentavam um único canal, reto, a influência da ampliação do forame apical na infiltração de corante Rodamina B. Os dentes foram divididos em três grupos: no primeiro, os canais foram instrumentados sem a ampliação do forame apical com a realização do *stop* a 1mm do forame apical, em outro grupo a instrumentação ampliou o forame apical até a lima 40 e, após isso, foi confeccionado um *stop* 1mm aquém do forame apical, com dois instrumentos a mais que o calibre do canal nesta altura; no terceiro grupo de canais os forames foram ampliados da mesma maneira e a obturação realizada após o ajustamento de um cone 1mm aquém do forame apical, sem confecção de novo *stop*. Os dentes foram seccionados longitudinalmente e medidas a distância da obturação ao ápice radicular e a extensão da penetração do corante. Os resultados mostraram uma distância média de 1,29mm da obturação ao ápice, com uma infiltração de corante média de 0,13mm para o grupo em que o forame apical não foi ampliado (55% dos canais sem infiltração de corante); no grupo em que após a ampliação do forame apical o *stop* foi refeito, a obturação distava 1,43mm do ápice radicular e a infiltração foi de 0,44mm (22,2% dos canais sem infiltração). Já nos canais em que o *stop* não foi refeito após a ampliação do forame apical a obturação estava a 1,24mm e a infiltração, observada em todos os canais, foi de 0,39mm. As diferenças observadas somente foram estatisticamente significativas entre os grupos em que o forame foi ampliado e aquele em que não foi realizada esta ampliação. Devido a não ter sido observada diferença na distância da obturação ao ápice e sim da extensão da penetração do corante, os autores concluem ter sido a ampliação do forame responsável por esta maior penetração. Os autores sugerem que a possível modificação da forma do canal, após a ampliação do forame apical, pode contribuir para uma pior adaptação do cone principal da obturação, sendo responsável por esses resultados.

2.3 ASPECTOS RELACIONADOS AO SUCESSO E AO INSUCESSO DO TRATAMENTO ENDODÔNTICO

Harty *et al.*, em 1970, em 1100 casos de tratamentos endodônticos, acompanhados por pelo menos dois anos, verificaram que o índice de sucesso foi de 90%,

com um melhor resultado em pacientes com mais de 45 anos, em casos com obturação bem condensada a 1mm do ápice; e segundo os autores, paradoxalmente, nos casos em que houve um “distúrbio” do periápice o índice de sucesso foi maior.

Kerekes & Tronstad, em 1979, avaliaram o índice de sucesso da terapia endodôntica realizada na Faculdade de Odontologia da Universidade de Oslo. Nos dentes com polpa viva, a polpa era removida até 1 a 3mm do ápice, porém, a remoção total era frequentemente realizada de maneira não intencional; e o tratamento realizado em duas sessões. Nos casos de dentes com necrose, em uma primeira sessão os canais eram debridados, numa segunda sessão era feito cultivo microbiológico e os canais preparados para receber a obturação e, numa terceira sessão, os canais eram obturados. Os canais foram obturados somente quando o dente se apresentava assintomático, era possível secá-lo e o cultivo bacteriológico era negativo. Dentre os diversos fatores analisados, os autores encontraram um alto índice de sucesso nos casos obturados no limite apical ou além dele, mesmo em casos nos quais a obturação não aparentava uma adaptação perfeita.

Swartz *et al.*, em 1983, avaliaram o sucesso do tratamento endodôntico em 1770 canais de 1007 dentes tratados endodonticamente. A análise das radiografias de controle, mínimo de um ano, e do exame clínico dos dentes permitiu, dentre outras, as seguintes conclusões: a) o índice geral de sucesso foi de 89,66%; b) os primeiros molares inferiores tiveram o mais baixo índice de sucesso dentre os vários grupos dentais; c) o tipo de obturação não influenciou no índice de sucesso; d) presença de lesão prévia reduziu significativamente o sucesso; e) sobreobturação diminuiu o sucesso, já obturações no limite tiveram quase o mesmo índice daquelas aquém do ápice; e f) a falta de um selamento coronal eficiente influenciou negativamente no sucesso dos casos.

Halse & Molven, em 1987, reavaliaram, 10 a 17 anos depois, 282 tratamentos endodônticos obturados pela técnica da Gutta-percha/Kloperka-NÖ que apresentaram extravasamento no momento de suas obturações. Em 80% dos casos não se observava radiograficamente nenhum sinal do excesso ocorrido; em 18% dos casos foi observada uma diminuição do volume aparente do material extravasado e somente em 2% a imagem do material extravasado se apresentava igual àquela da época da obturação. Analisado o

sucesso dos tratamentos, a ocorrência de extravasamento per se teve pequena influência no prognóstico do tratamento; enquanto o fator mais influente foi a presença de lesão periapical prévia, indicando a infecção como um fator importante, senão o mais importante, na ocorrência do insucesso.

Matsumoto *et al.*, em 1987, analisando vários fatores que afetam o prognóstico do tratamento de canais radiculares, concluíram que os fatores mais influentes no insucesso foram a presença de bolsas periodontais profundas, a presença de lesão periapical, o trauma oclusal e o fato de o dente estar isolado na arcada. Além disso, a obturação estar confinada ao canal foi altamente significativo para o sucesso dos tratamentos.

Åkerblom & Hasselgren, em 1988, avaliaram o prognóstico de casos em que não foi possível chegar ao limite apical ideal devido à obliteração do canal, verificando que a presença de lesão prévia levou a um baixo índice de sucesso nesses casos.

Sjögren *et al.*, em 1990, avaliaram o resultado de longo prazo (8 a 10 anos) de tratamentos endodônticos realizados em 356 pacientes. O sucesso dos tratamentos se mostrou diretamente dependente do status dos tecidos, pulpar e periapical, previamente ao tratamento. O sucesso dos tratamentos de dentes sem lesão periapical, independente da situação pulpar, foi superior a 96%, enquanto nos casos de lesão periapical prévia ao tratamento, foi observado um índice 86%. Nos casos de retratamento com lesão prévia o índice foi ainda pior, 62%. A inacessibilidade do forame apical foi um dos fatores que influenciou na frequência do sucesso.

Smith *et al.*, em 1993, verificaram que a presença prévia de lesão periapical significou menor índice de sucesso ao analisarem 821 dentes com no mínimo cinco anos de acompanhamento pós-operatório. Encontraram 80,74% de sucesso nos casos com necrose pulpar e lesão periapical, 84,31% nos casos com espessamento do ligamento e 87% nos casos com necrose sem lesão. A ausência de vitalidade influenciou pouco na diminuição do sucesso – 82,64% contra 88,89% nos casos de polpa vital. Quanto ao limite, dentre outros fatores analisados, o maior índice de sucesso foi quando a obturação se encontrava a 2mm do ápice radiográfico, enquanto os canais obturados aquém e os obturados além apresentaram um menor índice de sucesso, respectivamente, 77,6 e 75%.

Ricucci, em 1998, relatou as opiniões de diversos autores que defendem, baseados em achados clínicos, radiográficos e (ou) histológicos a instrumentação e obturação a 1mm do ápice radiográfico, a 0,5mm e até no limite apical. Cita que a literatura faz referência à imprecisão da radiografia e insegurança de se indicar qualquer desses limites, já que a união cimento-dentina-canal, considerada pela maioria como limite ideal, varia amplamente de dente para dente. Além disso, o cimento pode estar mais distante em uma parede e menos em outra, descaracterizando um limite CDC regular, por vezes não coincidente com a maior constrição do canal. Analisa que as indicações de limite apical são baseadas em médias, relativas à distância do forame apical ao ápice radicular e da maior constrição apical ao ápice radicular; e que são feitas supersimplificações para estabelecer um único limite; fato este que não dá um direcionamento clínico preciso. Ricucci aponta que, por outro lado, outros autores têm defendido penetração no forame apical ou além dele. Além disso, o autor relata um apanhado de estudos que avaliam os fatores relacionados ao sucesso do tratamento endodôntico, sendo, a seu ver, o nível da obturação o dos fator mais relacionado pelos diversos autores. O nível de 1mm do ápice foi defendido como o ideal. Diferentes índices de sucesso foram encontrados, porém, os casos de sobreobturação são frequentemente menos bem-sucedidos que os obturados no referido nível ideal. O autor salienta que há uma variedade de pesquisas sustentando o maior índice de sucesso das obturações confinadas ao interior do canal, contrastando com a falta de pesquisas científicas que atestem a correção da afirmação dos que defendem obturações no limite apical ou além dele. Quanto às evidências anatômicas que norteiam o limite apical, o autor enfatiza a excentricidade do forame, raramente coincidente com o ápice radiográfico, saindo aquém deste, por vezes, alguns milímetros. Quanto a estes casos, quando a saída do forame é para mesial ou distal, ela seria visível na radiografia. Quando isto se desse em outros sentidos, não o seria, acarretando uma sobreinstrumentação não percebida. Evidências histopatológicas e microbiológicas revisadas pelo autor indicariam a melhor situação inflamatória dos tecidos periapicais nos casos em que a instrumentação e a obturação ficaram confinadas ao canal. Finalizando o autor analisa o envolvimento do delta apical e a improbabilidade de sua limpeza e obturação adequada, assim como a obturação de canais laterais não instrumentados é casual.

Ricucci & Langeland (1998) estudaram histologicamente diversos tratamentos de canal com o intuito de sugerir o melhor limite apical de instrumentação e obturação. Esta pesquisa sucedeu a revisão de literatura feita por Ricucci (1998), recém-descrita. No experimento os autores analisaram 49 raízes de 41 dentes, sendo nove casos analisados após obturação e preenchimento do canal com Ca(OH)_2 ; 19 dentes tinham suas câmaras pulpares expostas por cárie ou acidente operatório.

Seltzer, em 1999, analisou radiográfica e histologicamente a evolução da situação periapical em 14 dentes de pacientes jovens tratados endodonticamente, em dentes com polpa inflamada ou necrótica, operados com remoção em bloco do ápice radicular e tecido periapical (ósseo e ligamento periodontal) um ano (6 dentes), um ano e meio (5 dentes) e dois anos e meio após a obturação (3 dentes). A análise radiográfica indicou diminuição sem eliminação da lesão periapical. A análise histológica indicou que muitos dos canais estavam sobreobturados, que persistia inflamação ao redor de partículas de cimento de óxido de zinco e eugenol, que a guta-percha sobre-estendida estimulou restos epiteliais de Malassez e que, em alguns casos, foram observadas raspas de dentina na região apical e proximidades. Estas raspas por vezes estavam estimulando a formação de novo tecido mineralizado. Em um dente operado 18 meses após o tratamento o forame permaneceu obliterado por raspas de dentina que induziram a formação de tecido calcificado.

Wu *et al.*, em 2000, discutem os diversos aspectos relacionados ao limite apical do tratamento endodôntico. Realçam que o único fator que afeta negativamente o prognóstico dos tratamentos é o limite apical da obturação, diminuído quando há sobreobturação ou subobturação significativa. Os autores analisam que a constrição apical é encontrada em menos da metade dos casos, sendo difícil identificar sua presença ou a posição do forame apical; trabalhar a 0,5 ou 1mm do ápice é uma tática que pode ser adequada, sendo, porém, somente uma estimativa. Citam que a limpeza, o preparo e a obturação não devem ir além do forame apical. Defendem que em casos de polpa viva seja preservado um coto pulpar, limitando os procedimentos endodônticos a 2-3mm do ápice radiográfico; por outro lado, em necropulpectomias os autores defendem que o limite seja

mais próximo, 0 a 2mm, e que se faça a limpeza apical (*apical clearing*) para evitar a compactação de raspas de dentina na porção não ampliada, bem como o efeito nocivo que a permanência destas raspas provocaria. Em casos de retratamento os autores defendem que a instrumentação se estenda ao forame apical, limpando o canal primeiro para depois ampliar o forame, a fim de minimizar a extrusão de detritos e bactérias; nestes casos, ao final, o stop deve ser confeccionado 1-2mm do ápice radiográfico. Finalizando os autores demonstram preocupação com as bacteremias que a sobreinstrumentação pode provocar, já que não há dados conclusivos sobre a importância deste acidente.

Siqueira Jr., em 2001, revisa a literatura e analisa as causas do insucesso do tratamento em casos bem conduzidos e aparentemente bem tratados. Quanto ao efeito da sobreobturação, o autor acredita que o fator que leva ao insucesso é a presença de bactérias em falhas da obturação ou em outros locais do sistema de canais radiculares, já que a maioria dos materiais obturadores utilizados nos dias atuais é comprovadamente biocompatível ou mostram citotoxicidade somente antes do seu completo endurecimento.

Schaeffer *et al.*, em 2005, realizaram uma análise da literatura, baseada em busca eletrônica no banco de dados MEDLINE¹, utilizando as palavras de busca “*root canal, apical e prognosis*”, com o intuito de determinar o comprimento de obturação ideal dos canais radiculares. Foram aplicados os seguintes critérios para definir os artigos de pesquisa adequadamente completos para a análise: preservação de dois anos; dados sobre o limite apical da obturação / instrumentação; falhas do tratamento descritas adequadamente; dados sobre sucesso / insucesso em relação ao comprimento da obturação / instrumentação; e presença ou ausência de perda óssea periapical. Foram encontrados na literatura 12 artigos que preenchiam esses critérios. Para a análise final dos resultados, os autores selecionaram os artigos em que era possível organizar os resultados dentro do critério de distância para o ápice de 0 a 1,0mm, de 1 a 3,0mm e passando o forame, incluindo extrusão de cimento. Isso resultou num total, reunidos os artigos, de 2.178 casos analisados. De acordo com o processo de meta-análise, os artigos foram analisados por dois dos autores quanto a sua qualidade. A análise dos dados, corrigidos pelo índice de qualidade dos

¹ Banco de dados on-line da MEDLARS, a bibliografia computadorizada Medical Literature Analysis and Retrieval System da Biblioteca Nacional de Medicina dos EUA.

trabalhos, indicou que o sucesso dos casos obturados de 0 a 1mm do ápice foi 2,7% maior que no grupo com obturações de 1,0 a 3,0mm do ápice e 26,2% melhor que no grupo em que a obturação passou além do comprimento da raiz. A hipótese dos autores foi comprovada – confinar a obturação ao espaço do canal radicular tem correlação com um maior índice de sucesso no tratamento endodôntico. Os autores analisam que os trabalhos de maneira geral não seguem um padrão, dificultando sua comparação direta. Comentam, também, que o acompanhamento dos casos tende a ser mais eficiente nos pacientes que apresentam sinais ou sintomas, já que pacientes assintomáticos têm maior probabilidade de não comparecer a reconsultas. Por fim, não encontraram dados que corroborem, ou não, a afirmação de que extravasamentos somente de cimento não prejudicam o sucesso dos tratamentos.

Negishi *et al.*, em 2005, analisaram o risco de insucesso em canais nos quais não se conseguiu chegar ao adequado limite de trabalho, comparando-os a dentes em que se conseguiu chegar ao limite adequado (0,5 a 1,0mm do ápice), analisados aos pares de um mesmo paciente. Cento e quatro dentes de 57 pacientes foram analisados. Outros fatores que influenciaram no aumento do risco de insucesso foram analisados. A distância do final do tratamento ao ápice radiográfico foi o fator de maior influência no insucesso, neste trabalho caracterizado pela inacessibilidade ao limite de trabalho adequado; dentre os demais fatores analisados, a presença de lesão inflamatória periapical foi o segundo fator mais influente no insucesso. Os casos de inacessibilidade ao forame apical e lesão periapical prévia ao tratamento apresentaram uma probabilidade 4,4 vezes maior de insucesso em relação aos casos de forames acessíveis e sem lesão prévia. Considerando somente a acessibilidade ao ápice, o insucesso foi 5,3 vezes maior em casos de forame inacessíveis.

2.4 ASPECTOS DO PREPARO QUÍMICO-MECÂNICO DE INTERESSE À ANÁLISE DE PATÊNCIA, LIMPEZA E AMPLIAÇÃO DO FORAME APICAL

Seltzer *et al.*, em 1966, 1968, 1969, 1973, e Sinai *et al.*, em 1967, relataram os resultados da análise histopatológica da região apical de dentes de humanos e de macacos,

de sua anatomia, da reação à extirpação da polpa e de dentes instrumentados e obturados aquém e além ápice. Os autores resumem que a reação tecidual foi semelhante nos dois grupos, inicialmente, sendo observada uma reação inflamatória aguda, seguida gradualmente de inflamação crônica. Raspas de dentina foram encontradas na porção de canal não tocada nos casos em que se trabalhou aquém, e raspas de dentina e material obturador foram encontrados na região periapical nos casos em que a instrumentação e a obturação atingiram a região periapical. Em todos os casos a reação inflamatória provocou reabsorção óssea e cementária; sendo observado o reparo das reabsorções num período pós-operatório de três a seis meses. O reparo foi atrasado pelo extravasamento de material obturador; sendo nestes casos observada uma tendência à proliferação dos restos epiteliais de Malassez. O material obturador extravasado tendeu a ser encapsulado por fibras colágenas. Os autores concluem que em casos de polpa viva, ótimos resultados são obtidos quando os canais são instrumentados e obturados aquém do ápice radicular.

Schneider, em 1971, verificou que a instrumentação de canais com movimento de alargamento produziu canais com secção circular com mais frequência em canais retos do que em canais curvos. Neste artigo o autor sugere que a curvatura das raízes, para fins experimentais, seja medida a partir de uma reta paralela ao longo eixo do canal, correndo em seu centro, comparando-a a outra reta traçada do ápice radiográfico até onde a primeira reta começa a se afastar do longo eixo do dente. O menor ângulo formado por estas retas refletiria a curvatura da raiz.

Schilder (1974) descreveu o seu ponto de vista sobre a limpeza e modelagem do canal, forjando a famosa expressão “*cleaning and shaping the root canal*”, revolucionando os conceitos até então estabelecidos para esta etapa do tratamento endodôntico; ademais criou um marco para a conceituação da moderna Endodontia. O autor defende que o forame apical seja mantido em sua posição original, e mantido tão pequeno quanto seja possível. O autor cita não acreditar que seja possível tornar os canais circulares, ao ampliá-los, a não ser em raízes perfeitamente retas. O autor defende que em casos de necrose pulpar o forame seja limpo sem grandes ampliações, apenas o suficiente para garantir a limpeza da região foraminal.

Valdrighi, em 1976, obturou canais de dentes de cães no limite do delta apical, de 1 a 2mm aquém do delta, de 2,5 a 3,5 aquém e de 4 a 5,5mm aquém do delta apical. Os dentes foram avaliados histologicamente e radiograficamente. Os resultados radiográficos, 180 dias após, indicaram sucesso total nas obturações no limite e 47,3% de sucesso para os outros grupos experimentais. Os primeiros sinais de alteração radiográfica começaram aos 90 dias. A avaliação histopatológica indicou que nos casos de sucesso a situação periapical voltou à normalidade e nos insucessos a progressão da inflamação ocorreu com início de reabsorção óssea aos 60 dias. O sucesso histológico ocorreu em 40% dos dentes dos grupos experimentais.

Yusuf, em 1982, analisou histologicamente o tecido periapical coletado em cirurgia paraendodônticas, encontrando em 47% dos casos raspas de dentina que provocavam reações variadas, com maior ou menor infiltrado inflamatório. O autor encontrou também fragmentos de material obturador, algumas vezes no interior de macrófagos, outras vezes circunscritos por tecido fibroso variando de frouxo a denso; este material parecia provocar fraca reação celular.

Leeb, em 1983, verificou que as limas chegam mais facilmente, e com maior calibre, à constrição apical de canais que tenham seus terços cervical e médio ampliados previamente à introdução destas limas. A remoção de interferências dentinárias cervicais à constrição apical é a explicação dada pelo autor para esta situação. O teste feito em raízes de molares inferiores e superiores, *ex vivo*, indicou que o melhor resultado é obtido quando são usadas para esta ampliação prévia, brocas de Largo (1, 2 e 3), comparadas a brocas de Gates-Glidden (2, 3 e 4). As brocas foram introduzidas nos canais até o máximo de suas porções cortantes, 4mm para as Gates-Glidden e 10mm para as Largo. Foi possível chegar à constrição apical com limas maiores que as que entravam, anteriormente no canal até esta profundidade, após a ampliação das suas porções cervicais. O autor relata que, além de facilitar a introdução de limas mais adequadas ao calibre apical, as brocas de Largo foram superiores às de Gates-Glidden na retificação da porção trabalhada. Segundo o autor, o orifício de entrada dos canais tem efeito restritivo à penetração de limas para a exploração e instrumentação dos canais.

Morgan & Montgomery, em 1984, avaliaram a técnica “*Crown-Down Pressureless*”, proposta por Marshall & Pappin, que descrevem como o uso sucessivo de uma série de instrumentos, utilizados inicialmente, os mais calibrosos, na porção coronária do canal e sucessivamente os mais finos em profundidades cada vez maiores, até que se atinja o comprimento de trabalho. O uso de séries de instrumentos cada vez iniciado com limas mais calibrosas é repetido até a adequada ampliação do canal. As limas nesta técnica são utilizadas com movimento de giro. Nesse artigo a técnica proposta foi comparada à técnica escalonada em canais com curvatura de 10 a 35°. Os resultados indicaram um desempenho global superior para a técnica *Crown-Down*.

Roane *et al.*, em 1985, discutiram a melhor performance em canais curvos do movimento de alargamento, alternando-o no sentido horário e anti-horário, caracterizando o que os autores denominaram “movimento de força balanceada”. Discutiram também a melhor performance de instrumentos de secção triangular, quando comparados aos instrumentos de secção quadrangular. Adicionalmente os autores analisaram que a memória elástica dos instrumentos que leva os movimentos da instrumentação a ocasionarem transporte do canal tem seu efeito aumentado se a massa metálica do instrumento aumenta, seja em função da forma de sua secção transversal, seja em função do aumento de seu calibre; aumenta quando o raio da curvatura diminui; aumenta, também, se o arco da curva for maior; e se a distância da ponta do instrumento diminuir em relação à porção curva do canal. Os autores afirmam que se pode aumentar o raio da curva ampliando a porção coronária do canal. Recomendam que, para evitar a expressão da força restauradora aumentada em curvas apicais, os instrumentos devem ir além do comprimento do canal antes da introdução de uma lima subsequente mais calibrosa. Outro aspecto por eles analisado foi o benefício para a centralização do preparo que as guias de penetração modificadas proporcionam.

Walia *et al.*, em 1988, publicaram os resultados iniciais relativos à flexibilidade das limas de níquel-titânio, comparando-as às limas convencionais de aço inoxidável. Os resultados indicaram uma flexibilidade cinco vezes maior para as limas de NiTi. Tais

resultados são indicados como promissores, sugerindo o uso destes instrumentos no preparo do canal de raízes curvas.

Ørstavik *et al.*, em 1991, verificaram que canais instrumentados até 80 e preenchidos com hidróxido de cálcio, após duas sessões, não apresentavam bactérias recuperáveis de seu terço apical.

Moraes *et al.*, em 1991, verificaram na raiz mesial de molares inferiores extraídos que o uso dos instrumentos leva a uma diminuição na deformação do preparo de canais curvos. Isso provavelmente se deve à perda de corte que acontece rapidamente em limas Flexofile. Este trabalho foi realizado pioneiramente utilizando dentes incluídos em blocos de resina, radiografados com a lima inicial dentro do canal e, posteriormente, com as limas seguintes imediatamente após a sua utilização. A superposição da posição das limas nas radiografias permitia identificar o transporte do canal.

Wildey *et al.*, em 1992, enfatizam que em curvas mais acentuadas é maior a concentração de forças na parede externa da curvatura. Para as curvaturas apicais, os autores comparam o efeito das forças resultantes a uma alavanca com braço de potência curto. Os autores citam que no movimento de alargamento manual é importante que o avanço do instrumento não sobrecarregue sua estrutura metálica, ao forçá-lo contra a dentina.

Stabholz *et al.*, em 1995, verificaram que a ampliação prévia dos canais radiculares permitiu uma maior precisão na localização da constrição apical quando orientada pela sensação tátil. Esse estudo foi realizado, *ex vivo*, em 120 canais de dentes de pacientes adultos.

Wu & Wesselink, em 1995, verificaram que a técnica da força balanceada limpou melhor o terço apical de canais curvos do que as técnicas *step-back* e *crown-down*.

Al-Omari & Dummer, em 1995, analisando diversas técnicas de instrumentação manual, constataram que aquelas que utilizavam movimentos de alargamento (ou assemelhados) na instrumentação geraram menor quantidade de dentina extruída via forame

apical. Os autores verificaram que nas técnicas em que se usou limagem, além de maior extrusão, ocorreu com maior frequência bloqueio do canal com raspas de dentina.

Camps *et al.*, em 1995, utilizando um torquímetro, mediram a energia necessária para flexionar limas em 45°. Esta energia reflete a rigidez ou elasticidade do instrumento, sendo diretamente proporcional à memória elástica que leva à retificação dos canais durante sua ampliação. Os autores relatam uma evolução exponencial para o aumento da força de encurvamento para as limas de aço inoxidável, quando aumentado o calibre, e uma evolução linear para as limas feitas a base de liga NiTi. Relatam, também, que as limas de aço inoxidável apresentam uma força de encurvamento maior que a necessária para flexionar limas de liga Ni-Ti.

Gambill *et al.*, em 1996, compararam o transporte do canal, o volume de dentina removida, o tempo de instrumentação e a centralização e forma redonda do canal, instrumentando canais de dentes unirradiculares, *in vitro*, concluindo que as limas Mity de níquel titânio usadas em movimento de alargamento foram superiores, com diferença estatisticamente significativa em todos estes aspectos, a limas K-flex de aço inoxidável utilizadas em movimento de torção e tração. As limas Mity em movimento de torção e tração apresentaram comportamento intermediário.

Rosa Neto, em 1997, estudou a superfície apical de 50 raízes recém-extraídas com lesão periapical crônica e 10 raízes de dentes com vitalidade pulpar, em microscopia eletrônica de varredura. Dos dentes com lesão, quatro grupos de 10 foram instrumentados e obturados a 0, 1, 2 e 3mm do ápice radiográfico. Ao microscópio eletrônico de varredura a superfície apical dos dentes sem lesão se mostrava lisa e regular; os forames apicais apresentavam contorno regular, nítido, arredondado e sem deformação, enquanto nos dentes com lesão apical crônica a superfície era irregular, erodida, com presença de lacunas de reabsorção cemento-dentinária e os forames apresentavam-se deformados pela reabsorção, com limites pouco nítidos e contornos irregulares. Quanto às obturações, o autor relata imprecisão na determinação de sua posição pelo método radiográfico quando localizada a 2 e 3mm do ápice. As obturações realizadas no limite foraminal se

apresentavam ultrapassando em 100% dos casos, apresentando espaços vazios ao redor do cone de obturação.

Coleman & Svec, em 1997, verificaram em canais artificiais em resina que as limas níquel-titânio, com diferença estatisticamente significativa, ocasionaram menor transporte do canal, e produziram preparos mais centralizados, em tempo de instrumentação superior às instrumentações feitas com limas de aço inoxidável, que apresentaram, por seu lado, maior área de desgaste de resina. Os dois instrumentos, em canais com 25° de curvatura, foram utilizados para preparar os canais pela técnica escalonada até o diâmetro cirúrgico 25 e escalonando até 60 com recuo de 1mm.

Shadid *et al.*, em 1998, verificaram, *in vitro*, em canais curvos, que a movimentação do centro do canal na porção apical (transporte apical) e o aumento da área do canal foram maiores quando canais de raízes mesiais de molares superiores e inferiores foram instrumentados por forças balanceadas com limas Flex-R do que quando a instrumentação foi feita com o Sistema Lightspeed com limas níquel-titânio. Na porção cervical a diferença não foi estatisticamente significativa para estes dois critérios – transporte e aumento da área ampliada. Os autores consideram que o resultado encontrado de maior deformação no terço apical não é surpreendente já que os canais apresentavam curvas entre 20° e 35°. No terço cervical o acesso direto ao canal proporcionou desempenhos similares. Os autores citam que o melhor desempenho do Sistema Lightspeed era esperado visto que os instrumentos de liga níquel-titânio são mais flexíveis. As duas técnicas significaram ampliações apicais circulares ou levemente ovais, adequadas à correta obturação do canal.

Pettiette *et al.* (1999, 2001) verificaram que as limas de aço inoxidável foram inferiores às limas de liga níquel-titânio na conformação dos canais radiculares, durante o tratamento endodôntico executado por alunos de graduação da Escola de Odontologia da Universidade da Carolina do Norte. Esta inferioridade foi revelada por uma maior retificação dos canais curvos e um maior número de acidentes operatórios e, no segundo trabalho, um menor índice de sucesso nos tratamentos endodônticos acompanhados por um ano.

Reddy & Hick (1998) avaliaram, *in vitro*, a extrusão de detritos pelo forame apical durante a instrumentação de canais com a técnica escalonada realizada com limas tipo K, com a técnica de forças balanceadas utilizando limas Flex-R e com os sistemas rotatórios com limas de liga níquel-titânio, Lightspeed e Profile (limas.004 série 29). A pesagem do material que extruiu revelou uma incidência com diferença estatisticamente significativa entre a técnica escalonada, na qual se utilizaram o movimento de limagem e as outras três técnicas, em que o movimento de instrumentação era rotatório. A análise dos resultados mostrou que o avanço-retrocesso do movimento de limagem funcionaria como um pistão responsável pela movimentação em direção apical dos detritos pré-existentes no canal e daqueles produzidos pela instrumentação. Além disso, os autores apontam que a diminuição na quantidade de material extruído deve estar diretamente relacionada à menor sintomatologia pós-operatória. Nesse experimento os forames apicais foram explorados com lima 15, assegurando a patência foraminal.

Hinrichs *et al.*, em 1998, verificaram que a extrusão de raspas de dentina e líquido irrigador foi menor quando foram utilizados movimentos circulares de instrumentação. Estes autores não encontraram correlação entre a quantidade de detritos extruídos e o tamanho do forame apical ou a curvatura radicular.

Peters & Barbakow, em 1999, analisaram histologicamente a porção apical, obtida na apicectomia de um pré-molar superior que já havia sido retratado duas vezes, sem sucesso. Observaram que o canal palatino apresentava um transporte apical significativo com o falso canal criado bem obturado, porém, com uma obturação deficiente do trajeto original do canal, observando-se material não identificável nesta porção do canal original. Os autores explicam que o transporte costuma ocorrer, especialmente em três tratamentos consecutivos como relatado, podendo ser minimizado com o uso de instrumentos com guia de penetração modificada e movimentos de ampliação rotatórios. Foi observada a presença de um delta apical no canal palatino, na porção não atingida pelos instrumentos endodônticos, repleto de tecido necrótico.

Ferraz *et al.*, em 2001, verificaram extrusão de raspas de dentina em canais preparados com técnicas manuais e técnicas mecânico-rotatórias, encontrando menos

extrusão com os sistemas mecânicos, porém sem diferença estatisticamente significativa para a técnica de forças balanceadas. Os forames apicais foram mantidos patentes durante todas as instrumentações.

Peters *et al.*, em 2001, baseados em artigo publicado por Rhodes *et al.*⁹⁹, em 1999, no qual foi descrita a metodologia por eles empregada, relatam que analisaram a evolução da forma do canal promovida por quatro técnicas de instrumentação, comparando a imagem da forma “tri-dimensional” inicial, obtida por meio de microtomografia computadorizada, com a forma final do preparo. Os autores enaltecem o potencial da metodologia ao possibilitar uma análise tridimensional, porém, por outro lado, advertem que a resolução pode e deve aumentar com o tempo, favorecendo maior precisão, e que o tempo de escaneamento é alto, 20 minutos por vez.

Contreras *et al.*, em 2001, verificaram que, em raízes mesiais de 1^{os} e 2^{os} molares inferiores, o diâmetro anatômico sugerido pela lima que se ajusta ao canal foi dois números de instrumento menor que aquele obtido da mesma maneira após a ampliação das porções cervicais do canal com brocas de Gates-Glidden (6 a 2, coroa-ápice) ou alargadores “*Rapid Body Shapers*” (1 a 4, ápice-coroa).

Pereira *et al.*, em 2001, encontraram menor transporte apical em um estudo *in vitro*, utilizando raízes de méso-vestibulares de molares superiores, com 23° a 29° de curvatura, quando os canais foram instrumentados com limas de liga níquel-titânio, quando comparadas a limas de aço inoxidável. O movimento de instrumentação utilizado foi o de limagem, com técnica escalonada, e diâmetro cirúrgico 25 para todos os casos. Os autores presumem que, embora não tenha sido observada diferença estatisticamente significativa, o melhor desempenho da lima níquel-titânio se deveu a sua maior flexibilidade, portanto significando, também, que a maior rigidez dos instrumentos de aço inoxidável significou maior transporte do canal. Os autores relacionam o aumento do transporte ao aumento do calibre da lima endodôntica em uso. Relatam que o movimento de limagem empregado encontra discordância na literatura, havendo defensores dos movimentos rotacionais como sendo melhores para que o preparo final do canal apresente forma circular.

Card *et al.*, em 2002, verificaram que a maior ampliação da porção apical de canais contaminados resultou em maior diminuição da contaminação recuperada para cultivos microbiológicos. Os autores levaram os limites apicais de canais infectados até os calibre 60 e 80, muito acima dos calibres habitualmente empregados como diâmetro cirúrgico de molares e pré-molares, respectivamente.

Tan & Messer, em 2002, verificaram que a ampliação dos terços cervical e médio permitiu que uma lima de maior calibre fosse introduzida até o comprimento de trabalho em pré-molares e molares, superiores e inferiores. Os autores concluem que se um operador quer determinar com precisão a lima anatômica inicial (master apical file), a embocadura do canal deve ser ampliada antes da colocação da lima de exploração e análise. Os autores verificaram que os instrumentos rotatórios Lightspeed determinaram a LAI com maior precisão que limas tipo K manuais.

Wu *et al.*, em 2002, analisaram a correlação do diâmetro da primeira lima que se ajusta ao canal com o diâmetro do canal nesta porção, comparando limas tipo K e instrumentos Lightspeed com a ponta desgastada, após a realização de ampliação dos dois terços cervicais com brocas de Gates-Glidden 1-4, em pré-molares inferiores com canal único e curvatura média de 27°, por meio de fotomicrografias com 40 x de aumento. Os resultados indicaram que, em média, o menor diâmetro do canal era 0,05mm maior que o calibre do instrumento “justo no canal”. Chegou a 0,19 e 0,14mm a diferença para as limas tipo K e instrumentos Lightspeed, respectivamente. Os autores comentam que a indicação de uma ampliação com três instrumentos além da primeira lima que se ajusta ao canal pode não ser suficiente para remover a dentina mais densamente contaminada de todas as superfícies do canal apical; e que pode não ser criado um adequado *stop* apical, com o propósito de diminuir a infiltração e o extravasamento de material obturador. A conclusão principal é que a lima que se ajusta ao canal em seu comprimento de trabalho não reflete de maneira confiável o seu diâmetro anatômico.

Kfir *et al.*, em 2004, verificaram que ocorreu maior transporte de canal em casos instrumentados com a técnica *step-back*, utilizando limas de aço e movimento de limagem, quando comparados aos resultados obtidos por um método de oito passos,

desenvolvido pelos autores, utilizando limas de aço ou níquel-titânio, dependendo do caso, usando fundamentalmente movimento de alargamento. Os movimentos de limagem eram usados, algumas vezes, com instrumentos finos, até 25. O método de oito passos foi realizado com limas de aço ou com limas de níquel-titânio, apresentando resultados semelhantes de transporte do canal ou outros acidentes. Os autores ressaltam que a ampliação prévia da porção coronária do canal é um procedimento que traz diversas vantagens.

Song *et al.*, em 2004, demonstraram, em dentes extraídos, que a instrumentação pela técnica *step-back*, com limas tipo K de aço inoxidável provocou maior transporte do canal e menor centralização do terço apical dos canais testados, quando comparada à instrumentação manual realizada com forças balanceadas, utilizando instrumentos GT ou limas Nitiflex. Os autores sugerem que o melhor desempenho destes dois grupos possa ser explicado pela maior flexibilidade das limas níquel-titânio.

Pecora *et al.*, em 2005, verificaram que a determinação do diâmetro da lima anatômica inicial era determinado com maior precisão quando os terços cervical e médio do canal eram ampliados previamente. Os resultados, em incisivos centrais superiores, indicaram que a ampliação prévia com brocas LA Axxess foi a técnica que deu melhores resultados; o uso de brocas de Gates-Glidden (90, 110 e 130) ou de instrumentos Quantec Flare proporcionou resultados semelhantes, porém, piores que o primeiro grupo. A maior diferença entre o calibre da LAI observado e o diâmetro real do canal ocorreu nos dentes em que não foi realizado o preparo prévio dos terços médio e cervical.

Barroso *et al.*, em 2005, verificaram que o *preflaring* – ampliação prévia da porção coronária – realizado em canais de pré-molares superiores, antes da determinação do diâmetro anatômico, resultou em maior precisão nesta determinação. Dentre as técnicas testadas, o *preflaring* com limas LA Axxess foi o que permitiu um melhor ajustamento da lima inicial ao canal em seu comprimento de trabalho.

Santos, em 2005, realizou análise comparativa da eficiência dos localizadores apicais eletrônicos Bingo 1020, NovApex e Root ZX, em raízes mesiais molares inferiores e vestibulares de superiores. Os aparelhos foram comparados no ajuste 0 e 1mm do ápice e

a odontometria eletrônica foi comparada à odontometria radiográfica. Os resultados indicaram que os três aparelhos tiveram desempenho similar e que a medida eletrônica não diferiu significativamente da medida real do canal, verificada visualmente, pela medida de uma lima introduzida até o forame apical. Quando os aparelhos foram comparados à odontometria radiográfica, dois dos observadores que analisaram o resultado consideraram que a radiografia não indicou com precisão a posição da lima a 0 e 1mm do ápice.

Vanni *et al.*, em 2005, verificaram que a determinação do diâmetro da lima inicial foi mais preciso, em canais de molares superiores, quando os canais receberam *preflaring* com limas LA Axxess antes de sua determinação.

Loizides *et al.*, em 2006, registraram um melhor desempenho da técnica de instrumentação rotatória Profile, em uma sequência coroa-ápice, quando comparada à instrumentação com limas flexofile usadas na técnica escalonada, comparando-as em blocos de resina. Os autores relatam que a ampliação da porção coronária do canal, após a ampliação coroa-ápice, nos dá maior controle tátil para, na sequência, atuarmos na porção apical do canal; salientam que esta tática propicia um reservatório cervical para o líquido irrigador na porção ampliada do canal, fato positivo para a ampliação apical, posterior; facilita a remoção de raspas de dentina; observa-se a diminuição das agudizações pós-operatórias devido à limpeza prévia da porção coronal; e a determinação do comprimento de trabalho se torna mais precisa.

Kfir *et al.*, em 2006, compararam o tamanho do primeiro instrumento, lima K (cônica) ou Lightspeed (não cônica), que se ajustava ao canal no comprimento de trabalho. Em 388 canais, após a ampliação dos terços médio e cervical, foi analisada a lima K que se ajustava, e posteriormente feito o mesmo procedimento com instrumentos Lightspeed. O calibre do diâmetro anatômico medido com limas K foi em média 0,221mm e com instrumentos Lightspeed) 0,333mm. Analisando os grupos dentais, a menor diferença foi descrita para os incisivos centrais superiores com 0,067mm e a maior, para os incisivos laterais superiores, com 0,154mm. Os autores discutem que, com limas convencionais que apresentam conicidade 0,02, é comum a subavaliação do diâmetro anatômico, principalmente em canais atresiadados e curvos. Os autores concluem que o uso de

instrumentos sem conicidade é indispensável para a correta determinação do diâmetro anatômico.

Ibelli *et al.*, em 2007, avaliaram a influência do preparo cervical na determinação táctil do diâmetro apical de 40 incisivos laterais superiores. Os resultados indicaram que a maior diferença entre o diâmetro apical real do canal, avaliado com uma lupa estereoscópica, e aquele determinado manualmente com limas, ocorreu no grupo controle, no qual o preparo cervical não foi realizado (0,1882mm). No grupo em que o preparo dos terços cervical e médio foi realizado com brocas de Gates-Glidden ocorreu o segundo pior resultado (0,1074mm), enquanto no grupo em que o preparo destes dois terços foi realizado com alargadores de orifício de níquel-titânio a discrepância foi de 0,0485mm. O melhor resultado foi observado no grupo em que foram utilizadas as brocas LA Axxess (0,0119mm). Os autores inferem que o método manual de determinação do diâmetro apical inicial dos canais não é preciso.

Jakobson *et al.*, em 2008, avaliaram a capacidade de o aparelho Root ZX II indicar consistentemente o comprimento de trabalho, durante a instrumentação mecanizada dos canais de 24 pré-molares inferiores. Nos resultados encontrados, quando o aparelho estava calibrado para executar a reversão do giro dos instrumentos no nível 1 (supostamente 1mm do forame, em realidade 0,45mm em média), quatro dos doze canais foram instrumentados além do forame apical.

Kuştarıcı *et al.*, em 2008, compararam a extrusão apical, de detritos e líquido irrigador, em pré-molares inferiores, cujos canais foram instrumentados por técnica manual (lima tipo K) ou mecânica (RaCe, K3 e FlexMaster), com comprimento de trabalho a 1mm do forame apical, determinado eletronicamente. Os autores observaram extrusão menor nos canais instrumentados por técnica mecanizada do que nos que foram instrumentados por técnica escalonada, manualmente. Os autores salientam que seus resultados significaram menor extrusão do que a observada em outras pesquisas, potencialmente, devido ao menor calibre apical produzido pela instrumentação, ao comprimento de trabalho adotado e ao movimento rotacional empregado na técnica manual.

3 Proposição

Tendo por base a literatura consultada, esta pesquisa se propõe a:

1. Analisar, sob microscopia eletrônica de varredura, a evolução da regularidade do forame apical pela instrumentação endodôntica, após o uso de dois e quatro instrumentos além da lima anatômica inicial, aquela que reflete o diâmetro original do canal.
2. Avaliar a interferência na regularização do forame apical pela instrumentação endodôntica:
 - a) da intensidade da curvatura radicular; e
 - b) da presença ou não de curva apical no canal radicular.

4. Material e Métodos

4.1. SELEÇÃO E PREPARO INICIAL DOS DENTES

Após a aprovação do projeto deste experimento pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Faculdade de Odontologia de Piracicaba, da Universidade Estadual de Campinas, um conjunto de 80 incisivos inferiores e caninos de humanos, doados para esta pesquisa, foi analisado.

Estes dentes, após a extração, foram limpos por meio de imersão em hipoclorito de sódio a 5%², por 30 minutos, objetivando desinfectá-los e dissolver a matéria orgânica aderida à raiz. Para complementar a limpeza, as raízes foram raspadas com ponta ultrassônica número 1, acoplada ao aparelho MultiSonic³, regulado na potência máxima.

Para avaliar sua anatomia interna e permitir a triagem dos mais adequados, os dentes foram radiografados no sentido orto-radial e proximal. Com base na imagem radiográfica e na inspeção visual foram escolhidos os que apresentavam coroa em bom estado, raiz íntegra, rizogênese completa e canal de calibre normal, com curvatura radicular de suave a moderada.

Do grupo inicial foram selecionados 25 incisivos inferiores e 25 caninos superiores ou inferiores.

Para adequar seu comprimento às dimensões da área de trabalho do MEV, os dentes selecionados foram reduzidos a 17mm, retirando-se parte de suas coroas com broca tronco-cônica em alta-rotação número 700L⁴.

A seguir, o acesso coronário aos canais foi regularizado com broca de Largo número 2.

² FarmaDoctor. Curitiba, Paraná, Brasil.

³ Gnatus Equipamentos Médico-Odontológicos Ltda, Ribeirão Preto, São Paulo, Brasil.

⁴ SS White Artigos Dentários Ltda, Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil.

Para finalizar a seleção dos dentes, a patência do forame apical, necessária à realização da ampliação foraminal, foi confirmada com lima tipo K⁵, número 08, nos 50 dentes selecionados.

Dando continuidade ao preparo inicial, o tecido remanescente nos canais radiculares foi removido com lima tipo K número 15. A limpeza do canal foi complementada por irrigação com hipoclorito de sódio a 5%, injetado sob pressão a fim de extravasar pelo forame apical, garantindo sua limpeza. Na sequência os dentes foram externamente lavados e os canais irrigados com água. Especial cuidado foi tomado com a região apical, que foi escovada, sob água corrente, com escova dental de cerdas macias⁶, por 30 segundos, e posteriormente lavada com o *spray* da seringa tríplice, por outros 30 segundos.

Após esse preparo inicial, os dentes foram mantidos em formol a 10%⁷ até o início do experimento.

4.2. INCLUSÃO DAS RAÍZES PARA POSICIONAMENTO NO MEV

Inicialmente foi produzida uma plataforma de inclusão. Esta foi confeccionada a partir de uma barra de alumínio, na qual, utilizando uma furadeira de bancada, foram produzidas vinte células idênticas (figura 1). Para tanto foi utilizada uma broca de 8mm de diâmetro, aprofundada 9mm no metal e nestes furos foi executado um entalhe com broca de 6mm de diâmetro (figura 2).

As porções coronárias das raízes selecionadas foram posicionadas nas células de inclusão, sob ampliação de doze vezes, utilizando-se uma lupa estereoscópica – microscópio clínico M900⁸, a fim de que os forames apicais pudessem ser identificados e posicionados paralelos à superfície da plataforma de inclusão e voltados para cima (figuras 3 e 5). Após o posicionamento da raiz com o forame apical adequadamente alinhado, a

⁵ SybronEndo, Glendora, California, USA.

⁶ Oral B do Brasil. São Paulo, São Paulo, Brasil.

⁷ FarmaDoctor. Curitiba, Paraná, Brasil.

⁸ DF Vasconcelos. São Paulo, São Paulo, Brasil.

célula de inclusão foi preenchida com resina epóxica⁹, vazada com seringa plástica descartável de 5ml¹⁰, criando uma cinta de resina com forma definida (figura 3).

Essa cinta de resina permitiu que os espécimes encaixassem precisamente no porta-espécimes múltiplo especial, desenvolvido para este experimento (figura 4), a ser levado à plataforma móvel do MEV, com os forames sempre na mesma orientação, de maneira a serem avaliados e fotografados em posição idêntica (figuras 5 e 6), estando os forames apicais voltados para o canhão de elétrons do MEV. A plataforma móvel do MEV foi regulada para estar sempre na mesma posição inicial – zerando-se todos os eixos, x, y e z.



Figura 1 – Plataforma de inclusão.

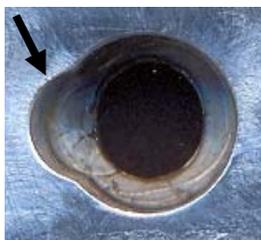


Figura 2 – Visão em maior aumento da célula de inclusão. Seta indicando o entalhe na célula de inclusão.

⁹ Polipox do Brasil. São Paulo, São Paulo, Brasil.

¹⁰ BD – Brasil. São Paulo, São Paulo, Brasil.

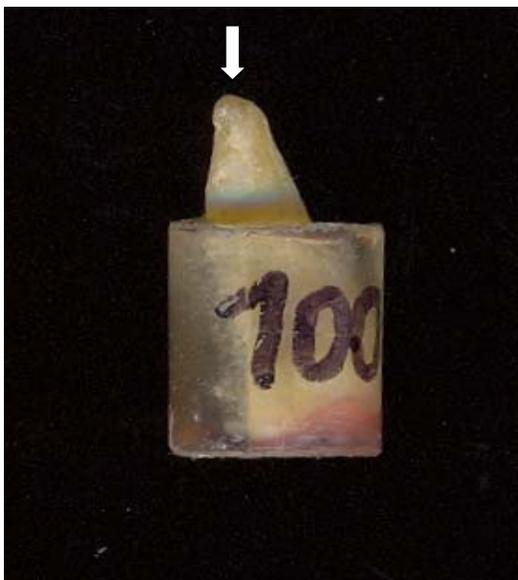


Figura 3 – Cinta posicionadora de resina epóxica recobrendo o porção cervical do dente. A seta indica o forame apical voltado para cima.

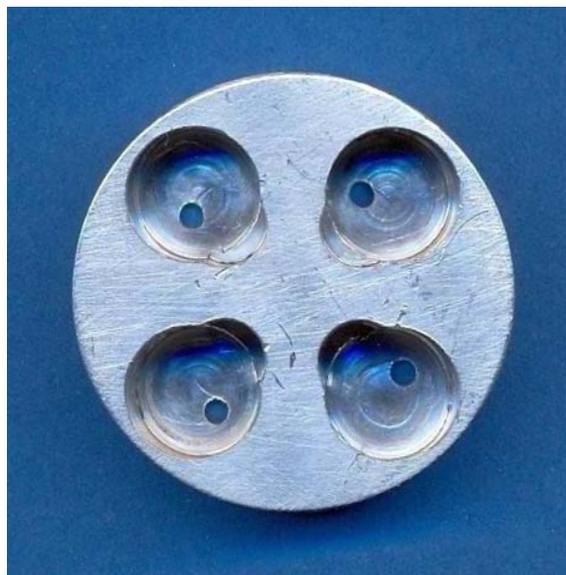


Figura 4 – Porta-espécimes múltiplo com quatro células idênticas e iguais às da plataforma de inclusão.



Figura 5 – Porta-espécimes múltiplo com quatro dentes posicionados em suas células, guiados pela cinta posicionadora, com os forames apicais voltados para o canhão de elétrons do MEV.



Figura 6 – Porta-espécimes múltiplo visto de perfil.

4.3. ANÁLISE DO FORAME ANATÔMICO ORIGINAL

Precedendo esta análise inicial os dentes foram lavados em água corrente para remover o formol, secados com jato de ar e colocados por 60 minutos em estufa a 36°C.

Essa secagem foi suficiente para a análise dos forames apicais no MEV, dispensando a metalização dos espécimes. O uso de baixa quilovoltagem (geralmente 3 kV) foi necessário para se obter boas imagens nestes espécimes não metalizados.

Utilizando o porta-espécimes múltiplo especial foram obtidas imagens do forame apical original, com 50, 100 e 150 vezes de aumento, dos 50 espécimes analisados.

4.4. TRATAMENTO I

O tratamento I consistiu na ampliação do diâmetro do forame apical com 3 instrumentos. Iniciava-se com a lima que primeiro alcançava a constrição apical durante a ampliação coroa-ápice. Esta lima refletia o calibre inicial do canal e era denominada lima anatômica inicial (LAI). A seguir os forames apicais eram ampliados com mais 2 instrumentos – totalizando os 3 instrumentos citados.

Para tanto, após a análise inicial do forame apical original no MEV, os espécimes foram posicionados em uma plataforma de trabalho, encaixada em uma base de acrílico, para a realização da instrumentação de seus canais (figura 7). Esta plataforma permitia o posicionamento dos espécimes com as raízes para baixo, em contato com soro fisiológico que preenchia a base de acrílico (seta branca na figura 7). Nesta base estava fixada a alça labial (seta preta na figura 7) do aparelho localizador foraminal eletrônico.

Com as raízes na plataforma de trabalho, foi iniciada a instrumentação realizando o preparo do corpo do canal radicular com as brocas de Gates-Glidden¹¹, números 4, 3 e 2, utilizadas nesta sequência, em profundidades crescentes.

A seguir foi realizada a odontometria eletrônica com o aparelho NovApex¹², ligado à haste da lima e a alça labial fixada à base da plataforma de trabalho (figuras 7 e 8) para determinar o comprimento real do canal.

¹¹ Maillefer Instruments. Ballaigues, Suíça.

¹² Forum Engineering Technologies. Rishon Lezion, Israel.

Na sequência, a instrumentação da porção apical do canal foi realizada pela Técnica de Ampliação Progressiva, no sentido coroa/ápice, iniciada com a lima K número 50, em movimento de giro de um quarto de volta à direita e à esquerda (movimento oscilatório de alargamento), seguida de limas sucessivamente mais finas em profundidades crescentes até que uma lima chegasse ao comprimento real do canal (Morgan & Montgomery, 1984). A lima anatômica inicial (LAI) era reconhecida por ser a primeira lima que chegava ao comprimento real do canal, justa ao canal, como consequência da ampliação coroa-ápice, aplicada progressivamente em direção apical.

A ampliação do forame apical foi realizada com a LAI, em movimento oscilatório de alargamento, em um comprimento de trabalho 1mm maior que o comprimento real do canal. Ou seja, esta lima foi trabalhada aproximadamente 1mm além do forame apical, produzindo sua ampliação. A seguir foram utilizadas mais duas limas de calibres imediatamente superiores, completando a ampliação do diâmetro do forame apical – tratamento I.

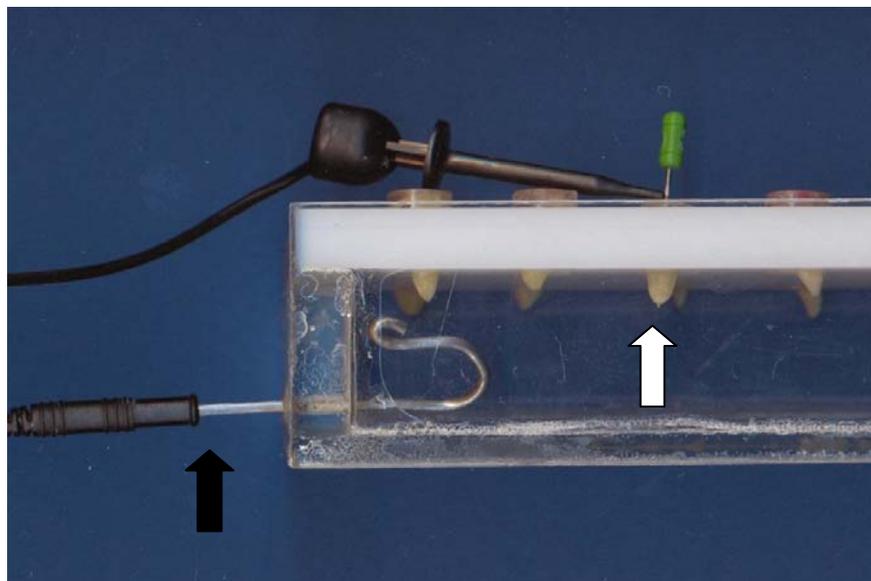


Figura 7 – Parte da plataforma de trabalho. Seta branca indica uma das raízes ultrapassando a plataforma com a lima, em posição de trabalho, contatando o soro fisiológico. Seta preta mostra o alça labial do localizador apical eletrônico conectada ao aparelho, fixa na base, em contato com o soro fisiológico.

Durante a instrumentação, os canais foram irrigados com 1ml de soro fisiológico a cada troca de instrumento.

Após a instrumentação os canais foram irrigados com 5ml de soro fisiológico e os ápices lavados com o *spray* da seringa tríplice por 30 segundos, para limpar os forames apicais.

Dois incisivos inferiores foram descartados por apresentarem seus forames apicais bloqueados por resina. Assim, a instrumentação foi realizada em 23 incisivos inferiores e 25 caninos.



Figura 8 – Aparelho localizador apical eletrônico NovApex

4.5. ANÁLISE DOS FORAMES APICAIS APÓS O TRATAMENTO I

Após secagem da superfície radicular com jato de ar e secagem complementar em estufa a 36°C, por 60 minutos, os dentes foram analisados no MEV da mesma maneira descrita para a análise do forame apical original.

Nesta etapa, especial cuidado foi tomado para que os dentes fossem examinados na mesma sequência e na mesma célula do suporte porta-espécimes, de maneira a garantir que as fotomicrografias fossem feitas com os forames apicais na mesma posição.

4.6. TRATAMENTO II

O tratamento II consistiu na ampliação do diâmetro do forame apical com dois instrumentos a mais que os utilizados no tratamento I.

Nesta nova etapa os dentes foram recolocados na plataforma de trabalho, os canais irrigados com soro fisiológico e a instrumentação complementada com mais dois instrumentos – além dos utilizados no tratamento I – trabalhados 1mm além do comprimento real do canal, em movimento oscilatório de alargamento.

Os canais foram novamente lavados com 5ml de soro fisiológico e os forames apicais lavados com o *spray* da seringa tríplice.

4.7 ANÁLISE APÓS O TRATAMENTO II

Foram feitas três imagens de cada forame apical (50x, 100x e 150x), após sua ampliação com quatro limas além da LAI, com os mesmos cuidados descritos para a análise após o tratamento I.

4.8 DETERMINAÇÃO DA REGULARIDADE DOS FORAMES APICAIS

A regularidade dos forames apicais foi calculada mediante a determinação do Coeficiente de Variação de Pearson (CV). Este coeficiente é a proporção entre o desvio padrão e a média de um conjunto de medidas ($CV = DP/média$)

Nas fotomicrografias dos forames apicais, analisados em 150 aumentos, para calcular este coeficiente foram realizadas oito medidas a partir do centro do maior diâmetro até a borda do forame apical.

Para orientar a medida destes oito raios foi confeccionado um gabarito formado por oito linhas que formavam entre si ângulo de 45°, distribuídas a partir de um ponto central. Este gabarito foi impresso em uma folha plástica transparente, como as utilizadas para retroprojeção (figura 9). Para a orientação das medidas, este gabarito era posicionado sobre a tela do monitor acoplado ao microcomputador de maneira a que seu centro ficasse posicionado sobre o centro da figura do forame apical a ser medido (figura 10). As medidas foram realizadas entre o centro do gabarito e os pontos em que as oito linhas cruzavam a borda do forame apical analisado (figuras 11 e 12).

Para realizar as medidas dos oito raios, sob a orientação do gabarito posicionado sobre a imagem do forame apical, e para calcular a média e o desvio padrão das medidas, foi utilizado o programa para computadores Image Tool, versão 3.0, de domínio público, desenvolvido por Don Wilcox, Brent Dove, Doss McDavid e David Greer, do Centro de Ciências da Saúde da Universidade do Texas em San Antonio (*UTHSCSA – The University of Texas Health Science Center in San Antonio*), obtido do sítio eletrônico desta Universidade, na Rede Mundial de Computadores (Website - <http://ddsdx.uthscsa.edu/dig/download.html>).

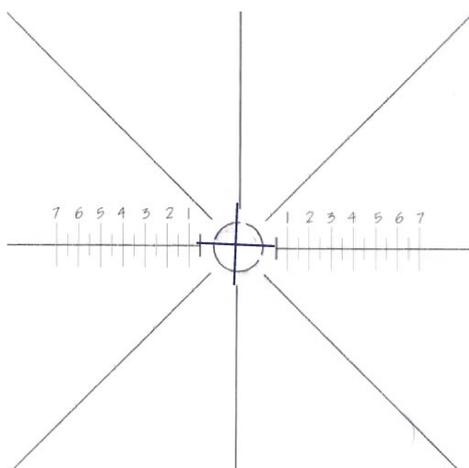


Figura 9 – Gabarito impresso em transparência.

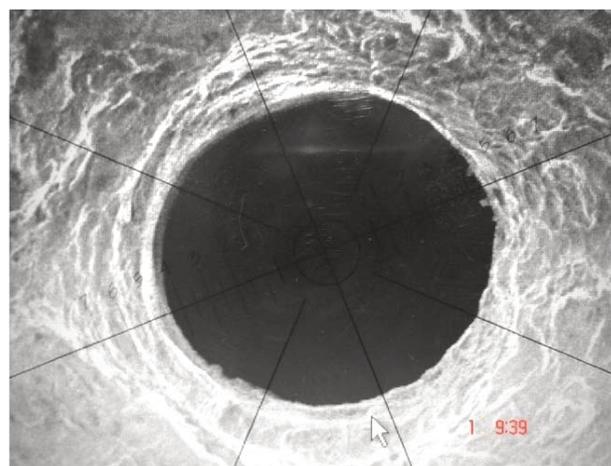


Figura 10 – Gabarito sobre a imagem do forame apical.

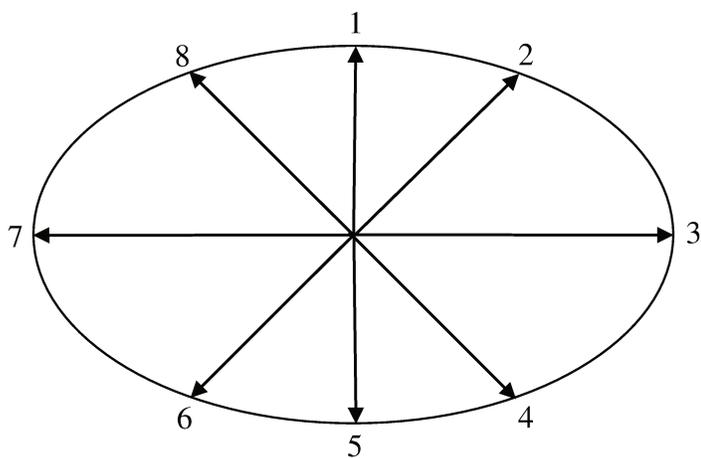


Figura 11 – Representação esquemática de oito medidas, a partir do centro do maior diâmetro, a cada 45°, semelhante às obtidas com a orientação do gabarito.

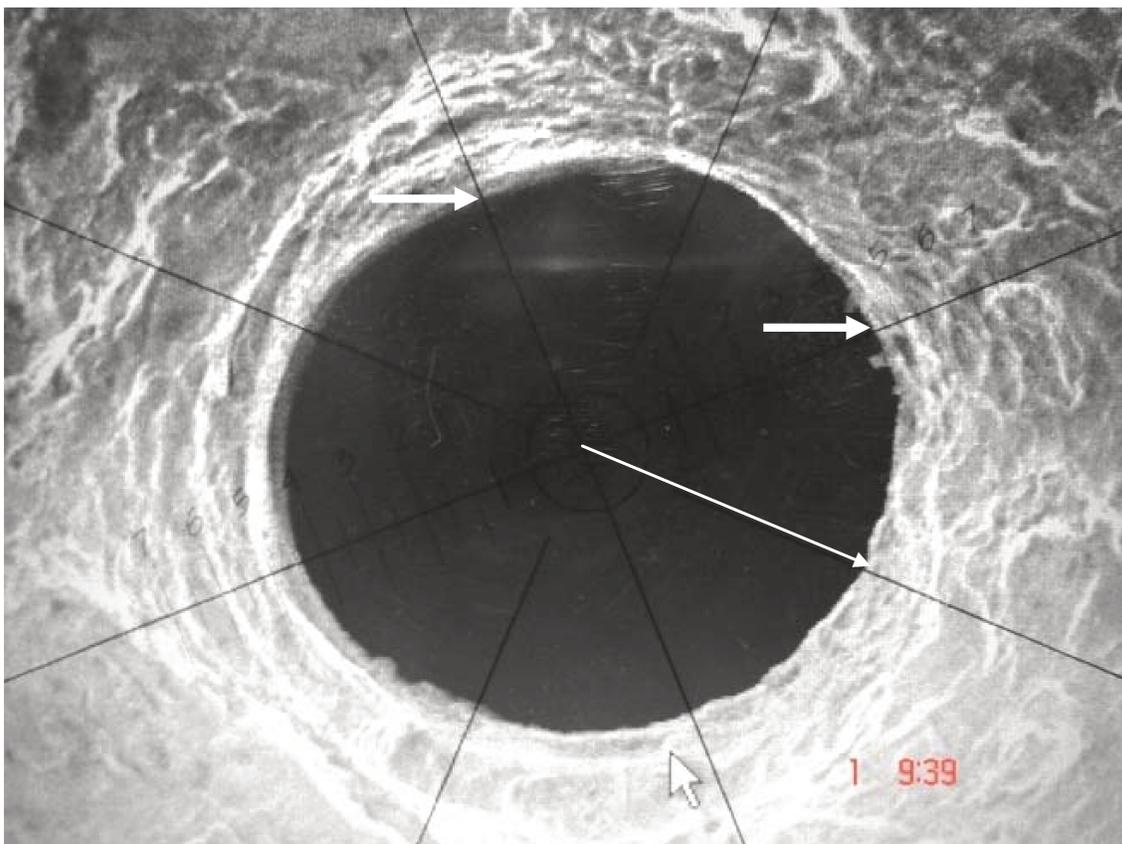


Figura 12 – Gabarito sobre a imagem do forame apical. Setas brancas menores indicando o limite de dois dos oito raios medidos a partir do gabarito. Seta branca maior indicando um dos raios medidos.

A unidade de medida escolhida foi o *pixel*.

Para cada um dos 48 espécimes foi determinado o CV do forame apical original (controle), do forame apical após o tratamento I (LAI + 2) e do forame apical após o tratamento II (LAI + 4).

A fórmula utilizada para o cálculo do CV foi:

$$CV = \{DP / [(r1 + r2 + r3 + r4 + r5 + r6 + r7 + r8)/8]\} \times 100$$

Portanto, CV é a divisão do desvio-padrão pela média dos 8 raios medidos em cada forame apical avaliado, multiplicado por 100.

Na prática, quanto menor o valor de CV mais próxima da forma de um círculo se espera que o forame apical esteja. E quanto maior o valor de CV mais oval ou irregular se espera que a figura do forame apical seja.

4.9. ANÁLISES DOS VALORES DE CV, DO FORAME APICAL ORIGINAL E DO FORAME APICAL AMPLIADO PELOS TRATAMENTOS I E II

4.9.1. Análise global dos espécimes

Foram analisados e comparados os CVs dos forames apicais originais (controle), os CVs dos forames apicais após o tratamento I e os CVs dos forames apicais após o tratamento II.

4.9.2. Análise da interferência de variáveis

Foram analisadas as interferências que a curvatura radicular e a presença de curva apical no canal radicular poderiam ter na evolução do CV do forame apical original após a aplicação dos tratamentos I e II.

4.9.2.1 Análise da interferência da intensidade da curvatura radicular

Foram analisados e comparados os CVs dos forames apicais originais (controle), os CVs dos forames apicais após o tratamento I e os CVs dos forames apicais após o tratamento II, separadamente, para as raízes com curvatura radicular suave, menor que a média da amostra – 13,25°; e para as raízes com curvatura radicular moderada, acima da média.

Para isso, preliminarmente a esta análise, usando o programa Image Tool, nas radiografias digitalizadas dos dentes deste experimento, foi medido o ângulo da curvatura radicular, em uma vista proximal e outra orto-radial, conforme o método proposto por Schneider (1971). O maior dos dois ângulos medidos para cada dente foi considerado indicativo da curvatura radicular. O subgrupo das raízes com curvatura suave foi composto por 25 raízes, com curvaturas variando de 2,69° a 12,34° - média de 8,08°. Já o subgrupo de

curvaturas moderadas teve 23 raízes com curvaturas variando de 13,92° a 37,21° – média de 18,87°.

4.9.2.2. Análise da interferência de curva apical do canal

Foram analisados e comparados os CVs dos forames apicais originais (controle), os CVs dos forames apicais após o tratamento I e os CVs dos forames apicais após o tratamento II, separadamente, para os 30 canais que não apresentavam curvatura radicular nos seus 3mm apicais – curva apical ausente – e para os 18 canais em que se observava a presença de curva nos 3mm apicais, independentemente de seu grau de curvatura radicular.

Os dados obtidos nestas três análises foram compilados em uma planilha processada com o programa Microsoft Office Excel 2002¹³.

4.10 ANÁLISE ESTATÍSTICA DOS DADOS OBTIDOS

Visando comparar a ocorrência de diferenças estatisticamente significativas entre os tratamentos, em uma análise global, e entre os tratamentos e os dois subgrupos analisados, foram utilizados:

- os Testes de Normalidade de Kolmogorov-Smirnov, visando detectar normalidade dos dados para a variável CV, segundo tratamentos e tipo de dente;
- o Teste de Homogeneidade de Variâncias de Levene, visando avaliar se os diferentes tratamentos e o tipo de dente apresentavam variância homogênea;
- a análise de variância (ANOVA) a um critério de classificação com medidas repetidas, visando comparar as diferenças entre os tratamentos;
- a análise de variância (ANOVA) a dois critérios com medidas repetidas, visando comparar diferenças nos valores médios, segundo tratamentos e grau de curvatura da raiz; e tratamentos e presença de curva apical do canal;

¹³ Microsoft Corporation. Redmond, Washington, USA.

- os Testes de Comparações Múltiplas de Tukey HSD, visando detectar quais resultados diferiam entre si, após a análise de variância (ANOVA) acusar a existência de diferenças estatisticamente significantes.

Todos os testes estatísticos foram realizados considerando um nível de significância máximo de 5%.

5 Resultados

5.1 AVALIAÇÃO DA HOMOGENEIDADE DA AMOSTRA E NORMALIDADE DOS DADOS.

O comportamento homogêneo da amostra foi verificado e confirmado pelo Teste de Normalidade de Kolmogorov-Smirnov, analisando a normalidade dos dados para a variável CV; e o teste de Homogeneidade de Variâncias de Levene constatou que o controle e os diferentes tratamentos apresentavam variância homogênea (apêndice 2 – tabelas 12 e 13).

5.2 ANÁLISE GLOBAL DOS ESPÉCIMES.

Os valores dos coeficientes de variação, indicativos da regularidade dos forames apicais dos 48 dentes tratados, para os forames apicais originais (controle), ampliados com três instrumentos (tratamento I) e ampliados com cinco instrumentos (tratamento II) foram analisados estatisticamente e estão descritos na tabela 1.

O teste de variância a um critério indicou a ocorrência de diferenças estatisticamente significantes ($p < 0,05$), e o Teste de Comparações Múltiplas de Tukey identificou que estas diferenças ocorreram entre o controle e o tratamento I e controle e o tratamento II. Portanto, não foram encontradas diferenças estatisticamente significativas entre os tratamentos I e II (tabela 1 e figura 13).

Tabela 1 – Estatísticas descritivas de CV e diferenças estatisticamente significativas entre o controle e os tratamentos I e II, quando analisados os 48 dentes tratados.

<i>Tratamentos</i>	<i>(des)</i>	<i>n</i>	<i>Média</i>	<i>Mediana</i>	<i>Desvio Padrão</i>	<i>Erro Padrão</i>	<i>Li</i>	<i>Ls</i>
Controle	(a)	48	18,61	16,27	10,90	1,57	15,45	21,77
Tratamento I	(b)	48	14,13	12,22	8,55	1,23	11,64	16,61
Tratamento II	(b)	48	13,73	13,11	8,45	1,22	11,28	16,18

(des) = letras diferentes indicam diferenças estatisticamente significantes para nível de significância de 5% ($p < 0,05$).

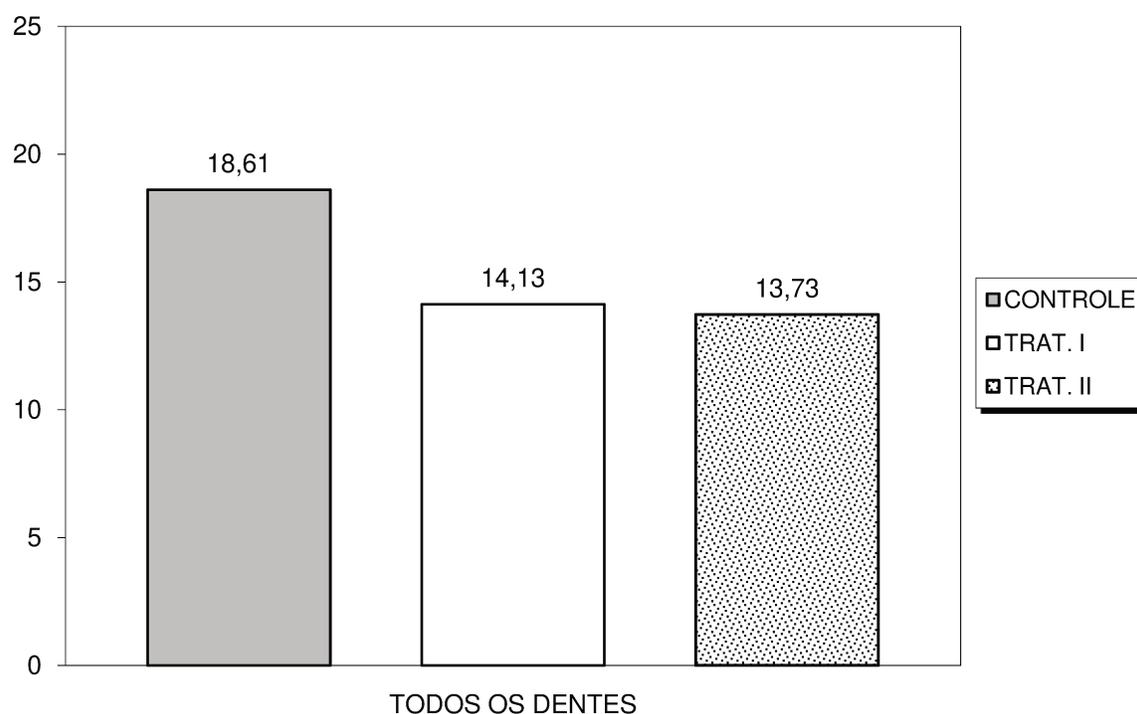


Figura 13 – Evolução do CV médio para os tratamentos I e II.

5.3. ANÁLISE DA INTERFERÊNCIA DE VARIÁVEIS

O teste de análise de variância a dois critérios, com medidas repetidas, foi utilizado para comparar a influência da curvatura radicular e da presença de curvatura apical do canal na regularização do forame apical dos 48 dentes analisados. Constatadas diferenças estatisticamente significativas foi aplicado o teste de comparações múltiplas de Tukey para definir entre quais grupos ocorriam estas diferenças.

5.3.1. Análise da interferência do grau da curvatura radicular

Estão descritos na tabela 2 e representados na figura 14 os valores dos coeficientes de variação, indicativos da regularidade dos forames, e os demais dados estatísticos, relativos à comparação dos dentes com curvatura suave da raiz com os dentes com curvatura moderada da raiz.

O teste de variância a um critério indicou a ocorrência de diferenças estatisticamente significantes ($p < 0,05$) entre estes dois subgrupos.

Tabela 2 – Estatísticas descritivas de CV segundo a curvatura da raiz.

<i>Curvatura da Raiz</i>	<i>(des)</i>	<i>n</i>	<i>Média</i>	<i>Mediana</i>	<i>Desvio Padrão</i>	<i>Erro Padrão</i>	<i>Li</i>	<i>Ls</i>
Suave	(a)	75	13,11	10,76	8,83	1,02	11,08	15,13
Moderada	(b)	69	18,08	17,33	9,72	1,17	15,75	20,41

(des) = letra diferente indica diferença estatisticamente significante para nível de significância de 5% ($p < 0,05$).

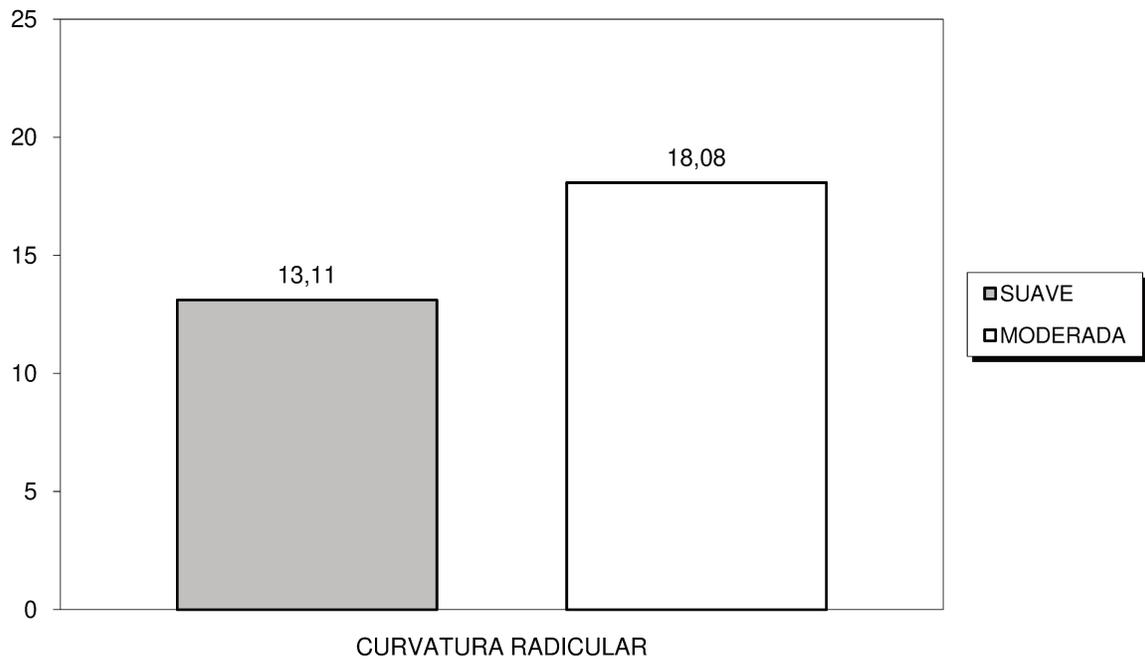


Figura 14 – CV médio para os dentes com curvaturas radiculares suave ou moderada.

Os valores dos coeficientes de variação, indicativos da regularidade dos forames dos dentes com curvatura suave da raiz e dos dentes com curvatura moderada da raiz, e os demais dados estatísticos para os forames apicais originais (controle), para os forames ampliados com três instrumentos (tratamento I) e para os forames ampliados com cinco instrumentos (tratamento II) foram analisados e estão descritos, respectivamente, nas tabelas 3 e 4, e representados na figura 15.

O teste de variância a dois critérios, com medidas repetidas, indicou a ocorrência de diferenças estatisticamente significantes ($p < 0,05$), e o Teste de Comparações Múltiplas de Tukey identificou que estas diferenças ocorreram entre o controle e os tratamentos I e II para os dois subgrupos (tabelas 3 e 4).

Tabela 3 – Estatísticas descritivas do CV e diferenças estatisticamente significativas para a evolução do CV médio dos tratamentos I e II, nos dentes com curvatura suave da raiz.

<i>Tratamentos x</i> <i>Curvatura</i> <i>Radicular</i>	<i>(des)</i>	<i>n</i>	<i>Média</i>	<i>Mediana</i>	<i>Desvio</i> <i>Padrão</i>	<i>Erro</i> <i>Padrão</i>	<i>Li</i>	<i>Ls</i>
C x suave	(a)	25	16,10	12,49	10,89	2,18	11,61	20,59
I x suave	(b)	25	11,75	10,09	7,63	1,53	8,61	14,90
II x suave	(b)	25	11,46	9,31	7,05	1,41	8,56	14,36

(des) = letras diferentes indicam diferenças estatisticamente significantes para nível de significância de 5% (p < 0,05).

Tabela 4 – Estatísticas descritivas do CV e diferenças estatisticamente significativas para a evolução do CV médio dos tratamentos I e II, nos dentes com curvatura moderada da raiz.

<i>Tratamentos x</i> <i>Curvatura</i> <i>Radicular</i>	<i>(des)</i>	<i>n</i>	<i>Média</i>	<i>Mediana</i>	<i>Desvio</i> <i>Padrão</i>	<i>Erro</i> <i>Padrão</i>	<i>Li</i>	<i>Ls</i>
C x moderada	(a)	23	21,34	20,56	10,46	2,18	16,82	25,85
I x moderada	(b)	23	16,70	15,37	8,92	1,86	12,85	20,55
II x moderada	(b)	23	16,20	14,38	9,28	1,93	12,20	20,21

(des) = letras diferentes indicam diferenças estatisticamente significantes para nível de significância de 5% (p < 0,05).

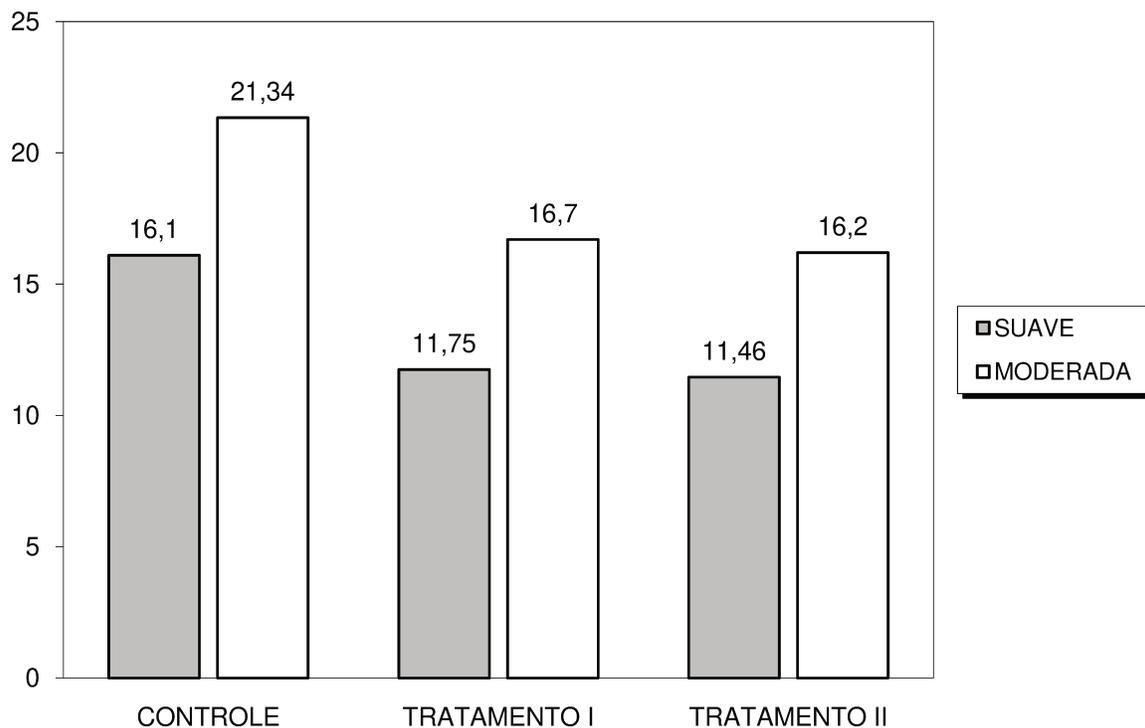


Figura 15 – Evolução do CV médio para os tratamentos I e II, em função da curvatura radicular – suave ou moderada.

5.3.3 Análise da presença de curva apical do canal

Estão descritos na tabela 5 e representados na figura 16 os valores dos coeficientes de variação, indicativos da regularidade dos forames, e os demais dados estatísticos, relativos à comparação dos dentes em que não havia curva apical do canal (ausente) com o grupo de dentes com curva apical do canal presente.

O teste de variância a um critério indicou a ocorrência de diferenças estatisticamente significantes ($p < 0,05$) entre estas duas situações (tabela 5).

Tabela 5 – Estatísticas descritivas de CV segundo a presença de curvatura apical.

<i>Curvatura Apical</i>	<i>(des)</i>	<i>n</i>	<i>Média</i>	<i>Mediana</i>	<i>Desvio Padrão</i>	<i>Erro Padrão</i>	<i>Li</i>	<i>Ls</i>
Ausente	(a)	90	13,45	10,86	9,09	0,96	11,54	15,35
Presente	(b)	54	18,89	18,08	9,45	1,29	16,31	21,48

(des) = letras diferentes indicam diferenças estatisticamente significantes para nível de significância de 5% ($p < 0,05$).

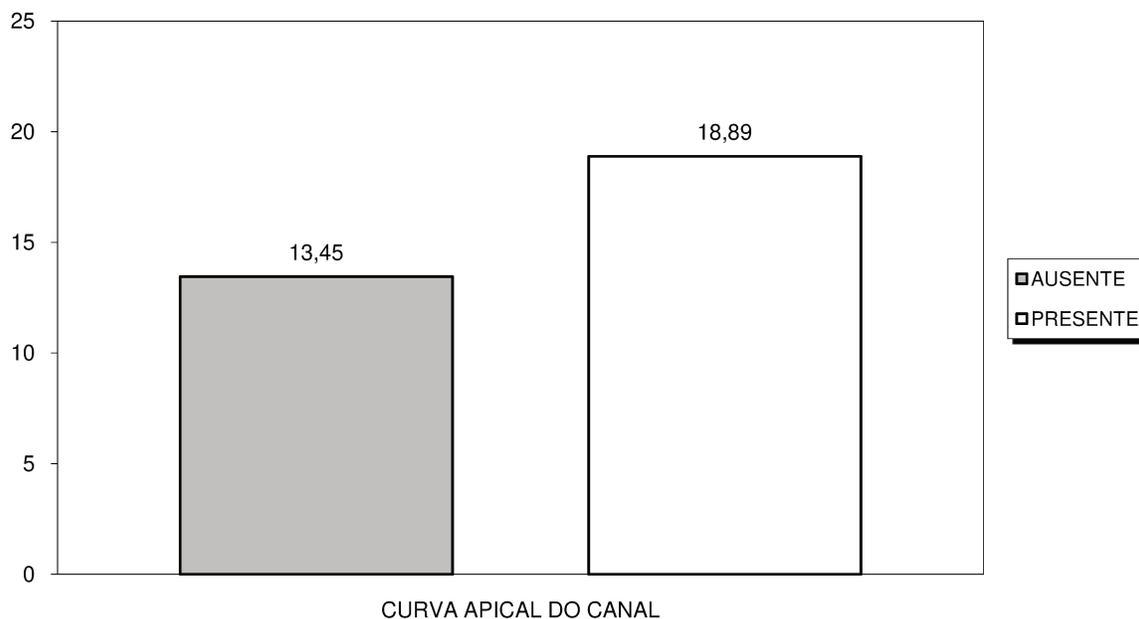


Figura 16 – CV médio para os dentes com curva apical do canal, ausente ou presente.

Os valores dos coeficientes de variação, indicativos da regularidade dos forames apicais do grupo de dentes em que não havia curva apical do canal (ausente) e do grupo de dentes com curva apical do canal presente, e os demais dados estatísticos para os forames apicais originais (controle), para os forames ampliados com três instrumentos (tratamento I) e para os forames ampliados com cinco instrumentos (tratamento II) foram analisados e estão descritos, respectivamente, nas tabelas 6 e 7, e representados na figura 17.

O teste de variância a dois critérios, com medidas repetidas, indicou a ocorrência de diferenças estatisticamente significantes ($p < 0,05$) e o Teste de Comparações Múltiplas de Tukey identificou que estas diferenças ocorreram entre o controle e os tratamentos I e II para os dentes em que não eram observadas curvas apicais dos canais (tabela 6).

Tabela 6 – Estatísticas descritivas de CV e diferenças estatisticamente significativas para a evolução do CV médio dos tratamentos I e II, em função da ausência de curva apical do canal.

<i>Tratamentos x Curvatura Apical</i>	<i>(des)</i>	<i>n</i>	<i>Média</i>	<i>Mediana</i>	<i>Desvio Padrão</i>	<i>Erro Padrão</i>	<i>Li</i>	<i>Ls</i>
C x ausente	(a)	30	17,42	13,90	11,34	2,07	13,17	21,67
I x ausente	(b)	30	12,05	10,87	7,88	1,44	9,10	15,00
II x ausente	(b)	30	10,87	9,17	6,12	1,12	8,58	13,16

(des) = letras diferentes indicam diferenças estatisticamente significantes para nível de significância de 5% ($p < 0,05$).

Não foram observadas diferenças estatisticamente significativas entre nenhum dos tratamentos empregados nos dentes com curva apical do canal (tabela 10).

Tabela 7 – Estatísticas descritivas de CV e diferenças estatisticamente significativas para a evolução do CV médio dos tratamentos I e II, em função da presença de curva apical do canal.

<i>Tratamentos x</i> <i>Curvatura</i> <i>Apical</i>	<i>(des)</i>	<i>n</i>	<i>Média</i>	<i>Mediana</i>	<i>Desvio</i> <i>Padrão</i>	<i>Erro</i> <i>Padrão</i>	<i>Li</i>	<i>Ls</i>
C x presente	(a)	18	20,59	21,47	10,11	2,38	15,57	25,62
I x presente	(a)	18	17,58	16,20	8,73	2,06	13,24	21,92
II x presente	(a)	18	18,51	17,51	9,73	2,29	13,67	23,35

(des) não foram observadas diferenças estatisticamente significativas entre os tratamentos ($p > 0,05$).

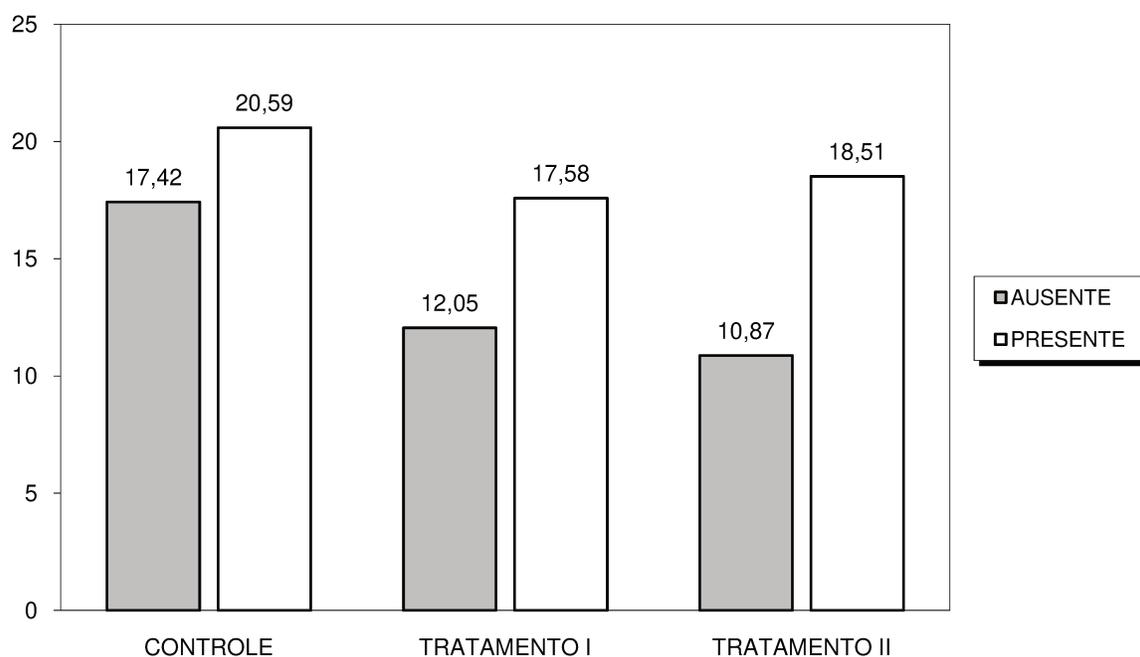


Figura 17 – Evolução do CV médio para os tratamentos I e II, em função da curva apical do canal, ausente ou presente.

5.4 IMAGENS DE FOTOMICROGRAFIAS REPRESENTATIVAS DE DIVERSAS SITUAÇÕES OBSERVADAS NO EXPERIMENTO

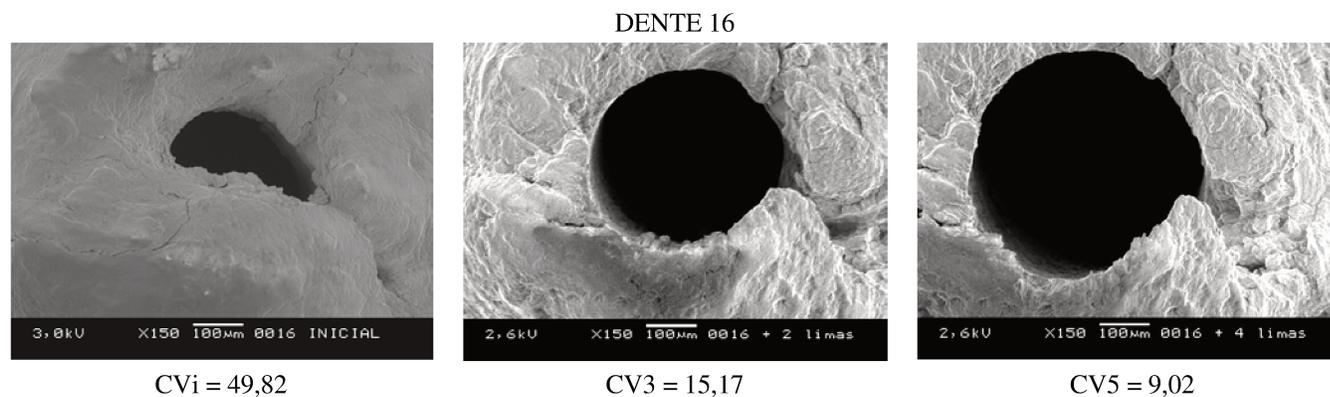


Figura 18 - Forame apical com melhor evolução depois de aplicado o tratamento II (CV5 – CVi = 40,80; curva da raiz = 3,95°; sem curva apical)

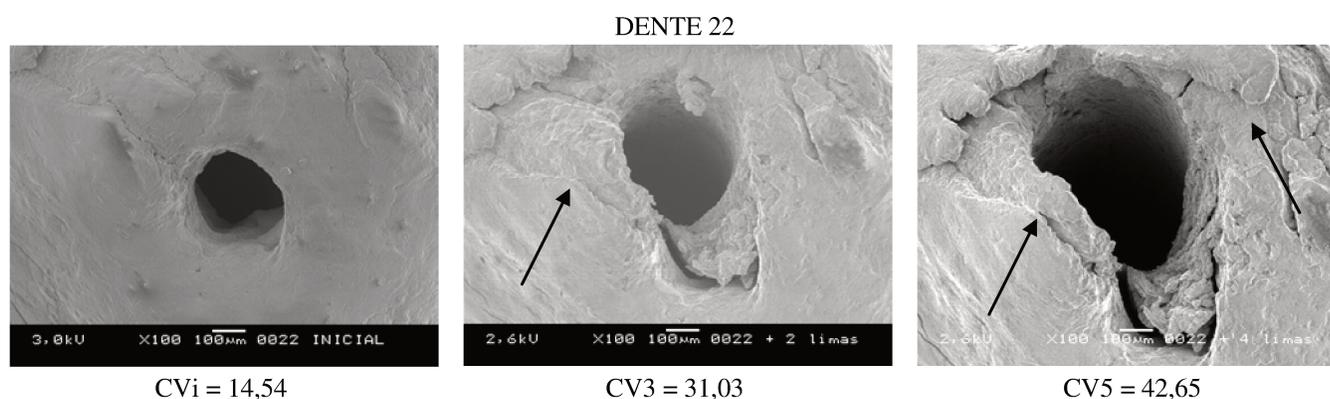


Figura 19 - Forame apical com a pior evolução depois de aplicado o tratamento II (CV5 – CVi = - 28,11; curva da raiz – 19,19° ; curva apical presente). Observar áreas de fratura de cimento apical (setas pretas).

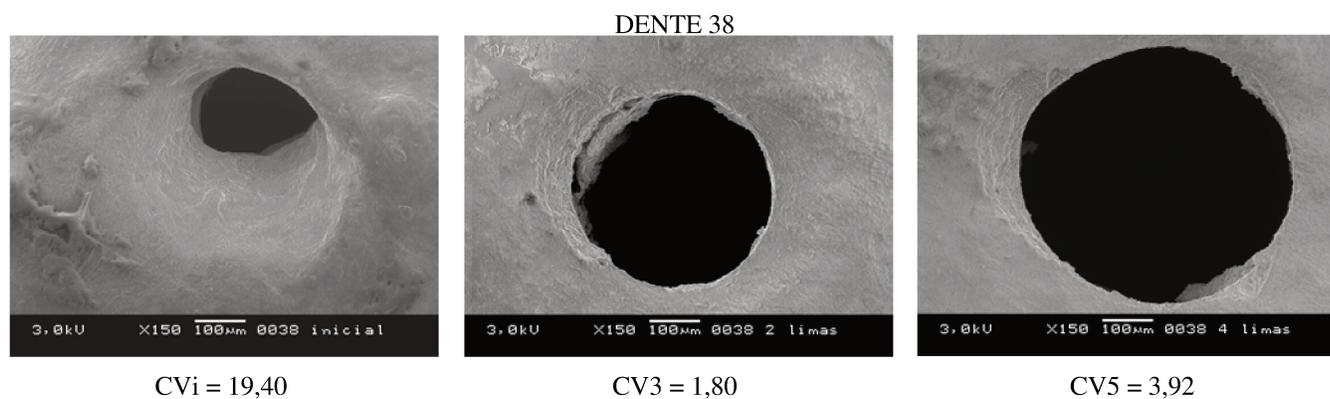


Figura 20 - Forame apical mais regular depois de aplicado o tratamento I (CV3 = 1,8; curvatura = 11,81; curva apical ausente).

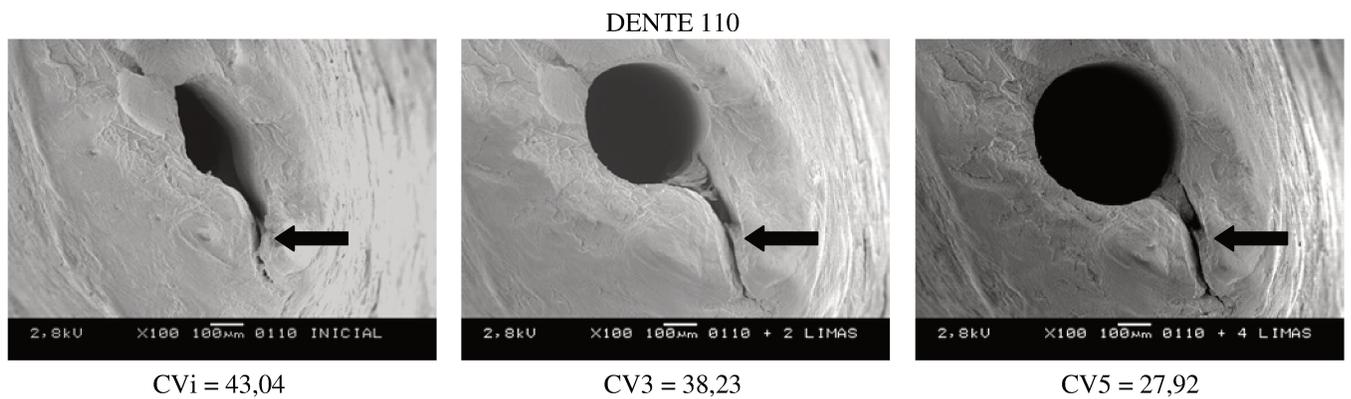


Figura 21 - Forame apical menos regular após a aplicação do tratamento I (CV3 = 38,23; curva 23,76° ; curva apical ausente). O sulco não tocado pela instrumentação teve grande influência (seta preta).



Figura 22 - Forame apical mais regular depois de aplicado o tratamento II (CV5 = 2,34; curva = 17,87° ; curva apical presente).



Figura 23 - Forame apical menos regular depois de aplicado o tratamento II (CV5 = 30,04; curva = 9,57; curva apical presente).

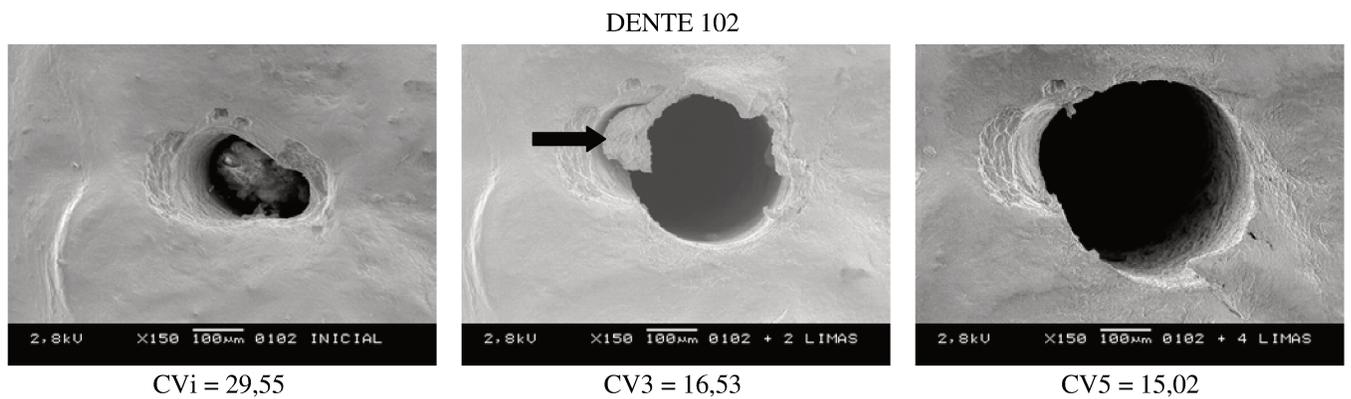


Figura 24 - Forame apical com resíduo dentínario após o tratamento I, removido ao final.



Figura 25 - Forame apical com resíduo dentínario produzido e não removido durante sua limpeza e ampliação do forame apical (seta preta).

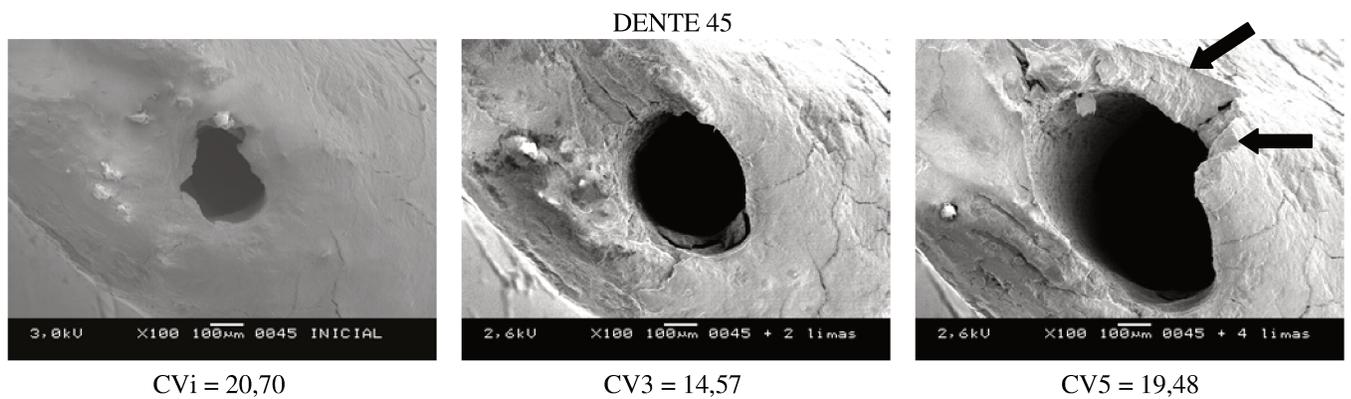


Figura 26 - Fratura de cimento e dentina apical após a ampliação do forame apical com cinco limas - LAI 25 (seta preta).

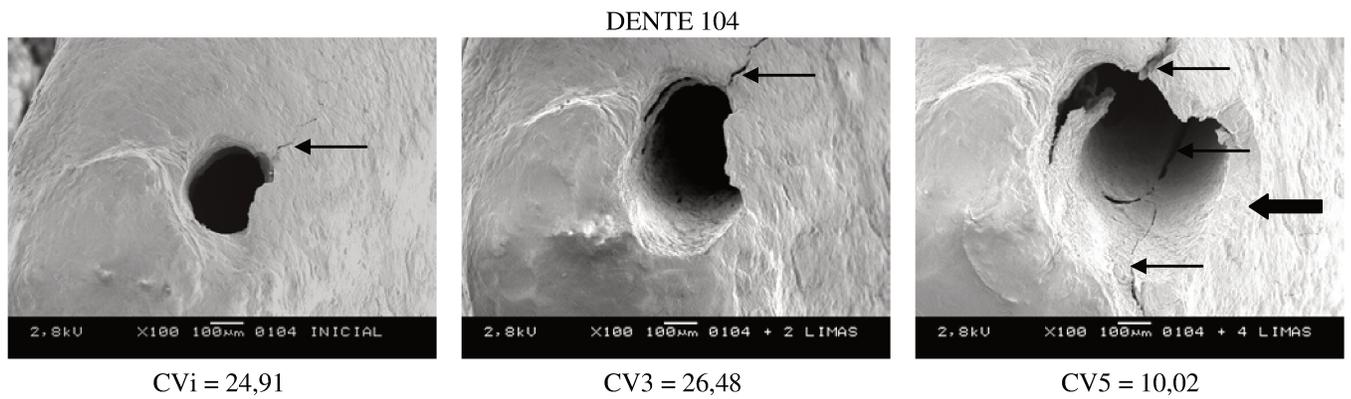


Figura 27 - Trinca pré-existente aumentada nas imagens seguintes (seta preta fina) e fratura de porção de cimento e dentina apical após o uso de cinco instrumentos (seta preta grossa) LAI 25.

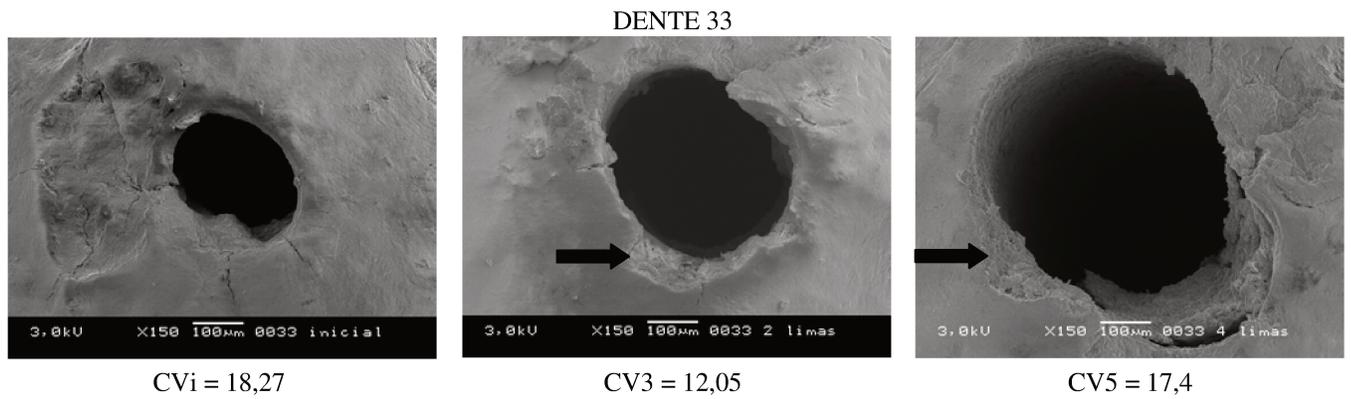


Figura 28 - Pequena fratura de cimento.

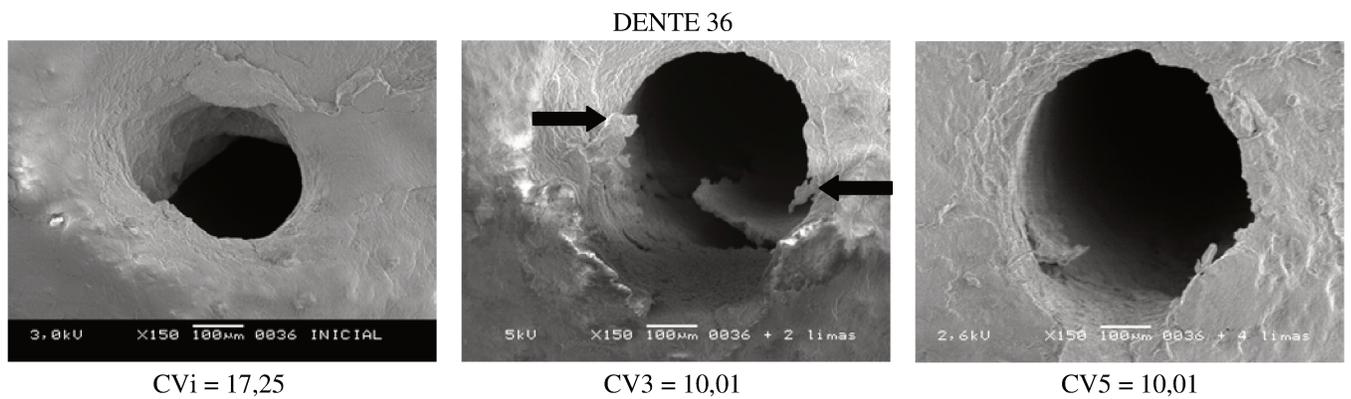


Figura 29 - Pequenas lascas de cimento.

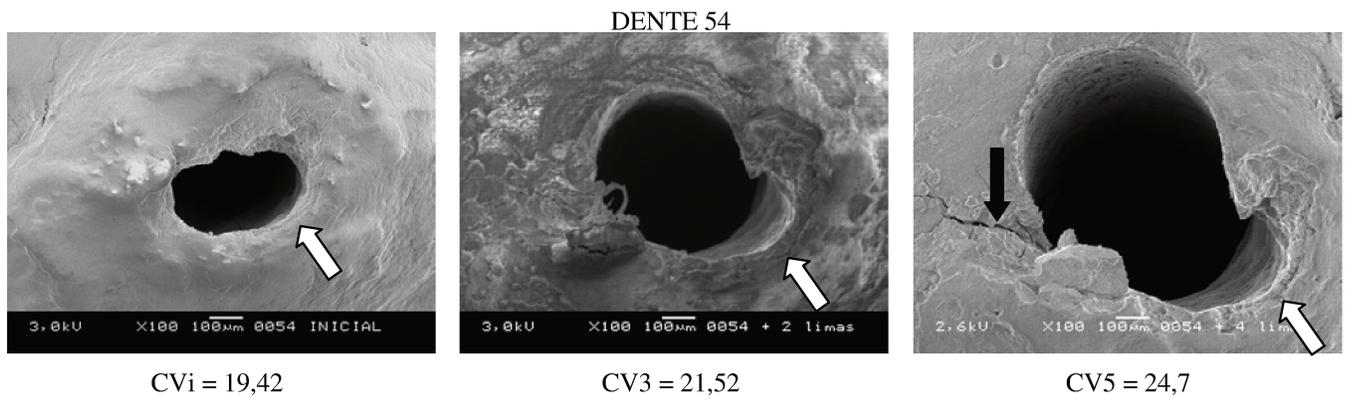


Figura 30 - Pequena trinca vista na imagem obtida após o uso de cinco instrumentos na ampliação do forame apical. Seta branca indica a área aparentemente não tocada pela instrumentação



Figura 31 - Pequenas trincas no cimento.

6 Discussão

6.1 DISCUSSÃO DO MÉTODO EMPREGADO

Alguns métodos foram descritas para a análise da ampliação do forame apical. Além destas, em artigos que avaliam o preparo do canal radicular, encontram-se outros métodos possíveis de utilizar para esta finalidade.

Esses métodos podem ser aplicados de maneira direta ou indireta.

O método direto encontra-se aplicado pela avaliação da morfologia do forame apical já ampliado, mediante a análise de fotografias feitas com câmera fotográfica dotada de lente para macrofotografia (Aragão *et al.*, 1998); ou comparação da forma original do forame apical com a nova forma adquirida após a sua ampliação, analisando imagens obtidas com câmara de vídeo acoplada a microcomputador (Ribeiro *et al.*, 1998); ou ainda, por meio de câmera fotográfica acoplada a microscópio ótico, documentando progressivamente o efeito de cada instrumento utilizado na modificação do contorno do forame apical (Goldberg & Massone, 2002). Estes dois últimos métodos têm por base a comparação de imagens pré, trans e pós-operatórias da instrumentação dos canais radiculares, em dentes fixos, avaliados sempre na mesma posição – semelhante à metodologia clássica proposta por Bramante *et al.* (1987) para a avaliação da forma do canal radicular antes, durante e após o preparo dos canais radiculares.

O método indireto poderia ser realizado pela análise de réplicas (modelos), produzidas em resina epóxica, metalizadas, analisadas com microscópio eletrônico de varredura, a partir de moldagem dos ápices com material à base de siloxano hidrofílico quadrifuncional, tipo 3, de ultra baixa viscosidade, como realizado por Gondim Júnior (1999) para a análise de retropreparos, em raízes apicectomizadas de dentes extraídos. É marcante neste método a qualidade da moldagem, chegando a serem visíveis túbulos dentinários moldados e reproduzidos, tamanha a precisão dos materiais utilizados. Esta

possibilidade foi testada e descartada já que em estudo-piloto não foi possível controlar o ingresso de material de moldagem pelo forame principal e outras foraminas, o que resultava em rompimento destas porções na desmoldagem e consequente imprecisão da região foraminal nas réplicas confeccionadas na sequência.

Além desses métodos de análise do forame apical poderiam ser utilizados outros já empregados na avaliação da instrumentação endodôntica. Poderia, por exemplo, ser feita a avaliação por meio do desvio da imagem do instrumento endodôntico, observado radiograficamente, semelhante ao proposto inicialmente por Moraes *et al.* (1991) para a avaliação da evolução do desgaste da dentina em instrumentações de canais radiculares de dentes extraídos. A limitação deste método seria que da modificação de posição da lima poderia ser depreendida a amplitude da ampliação do forame apical, mas não sua forma.

Lam *et al.* (1999), ao verificarem o desvio apical em canais radiculares instrumentados além do forame apical, utilizaram blocos de resina, comparando a modificação progressiva da imagem do canal radicular em seu limite apical, observada em fotografias realizadas após o uso dos instrumentos. Além da modificação da imagem do canal radicular, sofisticando este método, seria possível realizar a análise fotográfica do forame artificial, podendo ser avaliada a magnitude da ampliação deste forame e sua forma. Porém, a resina apresenta comportamento diferente da dentina. Por isso este método não foi empregado.

Por fim, outro método possível seria a utilização da tomografia computadorizada de alta resolução (*micro CT*), como empregado por Peters *et al.* (2001), acorde sugestão de Rhodes *et al.* (1999), para a avaliação da evolução da instrumentação de canais radiculares. Este método foi descartado pela sua indisponibilidade.

A análise destas possibilidades nos levou a desenvolver a metodologia empregada.

Escolhemos comparar imagens pré, trans e pós-operatórias, pelo método direto, tendo por base o princípio da proposta de Bramante *et al.* (1987), e semelhanças com o método utilizado por Ribeiro *et al.* (1998) e Goldberg & Massone (2002).

Para a obtenção da imagem, foi escolhido o microscópio eletrônico de varredura, pela possibilidade de se trabalhar com maiores aumentos – até 150 vezes – e obter imagens com alta resolução.

Outro aspecto do método desenvolvido para este experimento foi que a inclusão da porção coronária das raízes e os artefatos produzidos para fazer esta inclusão e posicionar os espécimes na plataforma móvel do MEV permitiram que os espécimes fossem avaliados sempre na mesma posição. As fotomicrografias mostraram pequenas diferenças de posicionamento que, devido ao aumento utilizado, foram consideradas desprezíveis. Assim, foi possível, mesmo utilizando o microscópio eletrônico de varredura, produzir imagens comparáveis, repetidas a cada tratamento realizado. Esta análise é relevante já que, ao ser escolhido o microscópio eletrônico de varredura, deixou de ser possível manter o dente fixo, como realizado por Ribeiro *et al.* (1998) e Goldberg & Massone (2002). Era inevitável a remoção do dente da câmara de vácuo e a volta à bancada de trabalho para a continuidade da aplicação dos tratamentos de ampliação do forame apical.

Para contornar o surgimento de trincas, que se mostraram numerosas e grandes em estudos-piloto, provavelmente devidas à desidratação necessária para metalizar os espécimes com posterior re-hidratação para a instrumentação do canal radicular, foram eliminadas as metalizações das amostras, e a indispensável rigorosa desidratação prévia à metalização, verificando ser possível obter fotomicrografias no MEV de dentes não metalizados, desde que a observação dos espécimes fosse realizada utilizando baixa quilovoltagem – aproximadamente 3kv.

Mesmo assim, no trabalho definitivo foram observadas pequenas trincas que foram consideradas não significativas (figuras 27, 30 e 31). Em dois dentes (figuras 27 e 31), visíveis antes da instrumentação. Possivelmente elas se deveram à suave desidratação das raízes necessária para que se conseguisse produzir vácuo na câmara do microscópio eletrônico de varredura. Estas desidratações não foram tão intensas quanta as necessárias para fazer a metalização dos espécimes, o que deve ter relação direta com o menor tamanho e o número das trincas.

As imagens analisadas dos forames apicais originais (controle), da etapa intermediária (tratamento I) e final da ampliação do forame apical (tratamento II), foram analisadas com 50X, 100X e 150X e as medidas do coeficiente de variação foram realizadas no aumento de 150X.

Complementando a análise do método empregado, vimos que a análise da variação da morfologia do forame apical, segundo a literatura, poderia ser feita pela simples avaliação da forma final do preparo, calculando um coeficiente de regularidade – maior diâmetro dividido pelo menor diâmetro (Aragão *et al.*, 1998). Outra opção encontrada seria a superposição de imagens da forma do canal radicular após as sucessivas ampliações, verificando a ocorrência, ou não, de deformação (Goldberg & Massone, 2002); outra alternativa cogitada foi realizar a avaliação de seu arredondamento ou deformação, numa análise visual comparativa, ordenando fotomicrografias, da forma mais arredondada para a forma mais irregular, em um teste não-paramétrico; ou ainda, comparar a variação da área e do perímetro da figura do forame apical, medindo-os com programa de computador próprio, analisando a variação na proporção perímetro/área que reflete a regularidade da forma, como realizaram Ribeiro *et al.* (1998).

Neste trabalho foi utilizado o Coeficiente de Variação de Pearson que permitiu identificar as figuras mais regulares. Assim procedemos em razão de acreditarmos que a identificação do contorno do forame apical não era realizada adequadamente quando se fazia a medida de sua área automaticamente pelo programa Image Tool. Fazer a delimitação de seu contorno manualmente, na tela do computador, mediante a delimitação com o mouse, não nos pareceu preciso. A determinação de oito raios, segundo orientação do profissional de Estatística que nos deu assessoria, foi considerado suficiente para sugerir confiavelmente a proximidade, ou não, da forma do forame com a figura de um círculo.

Para a realização das medidas, cálculo das médias e seus desvios padrão, foi empregado o programa Image Tool, versão 3.0, pela sua fácil aplicação e por ser um programa de domínio público, o que permitirá a reprodução deste método por outros pesquisadores, em outras instituições.

Resumindo, o método desenvolvido para este experimento determinou o CV para o forame apical em sua forma original (controle), antes da ampliação; o CV para o forame apical ampliado pelo tratamento I; e o CV para a forma adquirida pelo forame apical após o tratamento II. Foi analisada a evolução do valor do CV médio no conjunto de raízes analisadas e a interferência de duas variáveis – curvatura radicular e presença de curva apical.

Como cuidado adicional e com a intenção de assegurar o comportamento homogêneo da amostra, antes de sua análise estatística, foi aplicado o Teste de Normalidade de Kolmogorov-Smirnov, confirmando a normalidade dos dados para a variável CV; e o teste de Homogeneidade de Variâncias de Levene, confirmando que os diferentes tratamentos apresentavam variância homogênea (apêndice 2 – tabelas 16 e 17).

6.2 ANÁLISE GLOBAL DOS ESPÉCIMES

As diferenças estatisticamente significativas entre os CVs médios da forma do forame apical antes de sua ampliação (controle) e os forames apicais ampliados com três limas (tratamento I) e com cinco limas (tratamentos II) ($p < 0,01$) indicam que a ampliação dos forames apicais como realizado neste experimento os torna mais regulares.

Nossos resultados estão em desacordo com os obtidos por *Weine et al.* (1975), *Ribeiro et al.* (1998) e *Goldberg & Massone* (2002). Esses autores não encontraram resultados positivos para a forma do forame apical após a sua instrumentação. Citam, principalmente, a deformação do forame apical como o resultado mais esperado para este procedimento, gerando uma não recomendável forma de gota para o forame apical ampliado (*zip*).

Nossos resultados concordam com os de *Aragão et al.* (1998), que encontraram forma regular quando os forames apicais foram ampliados com lima de aço inoxidável, até a de número 35, com movimento de alargamento alternado, porém, esses autores obtiveram melhores resultados com limas de níquel-titânio manuais ou com os sistemas rotatórios

Profile, Quantec e Lightspeed. Serene *et al.* (1995) relatam que, enquanto deformações na morfologia do canal são esperadas quando a ampliação do forame apical é realizada com limas de aço inoxidável, a instrumentação além do forame apical com limas níquel-titânio resulta em uma “aceitável morfologia do canal radicular”. Os resultados do experimento de Lam *et al.* (1999) reforçam esta observação.

O uso de cinco limas (tratamento II), duas limas a mais do que as três limas empregadas no tratamento I, não resultou em melhora na regularização dos forames apicais com diferença estatisticamente significativa. Este resultado não nos permite dizer se é melhor ampliar o forame apical com três ou cinco limas. A ampliação progressiva do forame deve deformá-lo, portanto, baseados na prudência quanto a prevenir a deformação do forame apical e ao fato de que Souza Filho *et al.* (1997) sugerem que a ampliação do forame apical até a lima 25 é suficiente para permitir invaginação de tecido e reparo do tecido periapical, nos parece mais adequado escolher o uso de três limas como o mais recomendável. Corroborando esta escolha podemos citar que, em 1974, Schilder indicou, para necropulpectomias, ampliação do forame apical, sem precisar a intensidade deste desgaste. Ressaltou que o forame apical deve ser mantido tão constricto quanto prático, ou seja, adequado ao tratamento.

6.2.1. Análise da interferência da intensidade da curvatura radicular

Ao compararmos os CVs médios dos forames apicais das raízes com curvaturas radiculares suaves com o das raízes com curvaturas radiculares moderadas, encontramos diferença estatisticamente significante ($p < 0,05$), mostrando que a ampliação do forame apical resultou em maior regularização no conjunto das raízes com curvatura radicular menor.

Quando comparamos a dois critérios os CVs médios dos forames apicais originais dos canais de raízes com curvatura radicular suave ou moderada com os tratamentos I e II, observamos que ocorreu comportamento semelhante, sendo encontradas

diferenças estatisticamente significantes para ambas as curvaturas radiculares entre o controle e os tratamentos I e II ($p < 0,05$).

Novamente, essas diferenças mostram que houve regularização dos forames apicais, independente de serem curvas as raízes ou não, quando realizados os tratamentos I e II.

Não foram observadas diferenças estatisticamente significantes entre esses dois tratamentos para as duas intensidades de curvatura radicular analisadas ($p > 0,05$).

Assim como verificado para os forames apicais na análise global, a ausência de significância estatística para a diferença entre os tratamentos I e II sugere que a continuidade da ampliação, com mais duas limas (tratamento I x tratamento II), pode não acrescentar benefícios de maneira consistente à regularização do forame apical.

A diferença estatisticamente significativa entre os resultados de ambas as condições de curvatura, com melhor resultado para os canais radiculares com menor curvatura radicular, está de acordo com a maioria dos artigos da literatura consultada, relativos ao desempenho da ampliação de canais radiculares curvos, e serão analisados juntamente com os do item seguinte, que trata da presença de curva nos três milímetros finais do canal radicular, já que a mecânica envolvida nestas situações, instrumentação de canais radiculares curvos, se aplica a ambas.

6.2.3 Análise da interferência de curva apical do canal

Diferente do encontrado na maioria dos artigos que analisam o preparo químico-mecânico de canais radiculares curvos, neste experimento representada pela interferência da curvatura na regularização do forame apical, consideramos isoladamente a presença de curva do canal radicular nos seus 3mm finais, visto que é possível, e aparentemente comum, o canal radicular apresentar curva apical independente de a raiz ser reta ou não. Segundo Green (1956, 1960), 10 a 60% dos canais radiculares, dependendo do grupo dental, apresentam esta curva apical. Este fato deve estar relacionado à emergência excêntrica do forame apical, em geral a 0,5mm do ápice radicular.

Os resultados indicam que a melhor regularização do forame apical ocorreu nos canais radiculares sem curva apical.

Quando examinada a interação destas duas situações, analisando a diferença do CV médio dos forames apicais originais e os tratamentos I e II, verificamos que foram encontradas diferenças estatisticamente significantes, somente para o grupo sem curva apical, entre o controle e os tratamentos I e II ($p < 0,01$).

Isso sugere que a curva apical do canal radicular impediu a regularização dos forames apicais, enquanto a sua ausência não o fez.

Não foram encontradas diferenças estatisticamente significantes para nenhuma das comparações dos canais com curva apical, sugerindo que a ampliação não consegue regularizar o forame apical nesta situação.

Os resultados sugerem, também, que a continuidade da ampliação do forame apical além de três instrumentos, como aplicado no tratamento I, não traz benefícios de maneira consistente à regularização do forame apical mesmo no grupo sem curva apical, como já observado nas análises anteriores.

Visto que não foi encontrada na literatura consultada referência à diferenciação de dentes com curva apical do canal radicular presente ou ausente, como parte de análises dos efeitos da instrumentação, em experimentos *ex vivo* ou *in vivo*, não há pesquisas a comparar os resultados obtidos.

O motivo da realização desta análise particularizada da curvatura do canal radicular no terço apical foi a referência encontrada no trabalho de Roane *et al.* (1985), que relaciona o aumento da força retificadora, resultante do aumento da memória elástica dos instrumentos endodônticos, durante sua utilização no desgaste da dentina em canais radiculares curvos. Esta força seria responsável pela deformação e descentralização do preparo do canal radicular nestes casos. Afirmam esses autores que “a expressão da memória elástica é variável, aumentando se:

- a) a massa metálica do instrumento endodôntico aumenta, tanto como resultado do aumento de sua secção como do aumento de seu diâmetro;

- b)* o raio da curvatura do canal radicular diminui;
- c)* o arco da curvatura do canal radicular aumenta;
- d)* a distância da ponta do instrumento à curva diminui.”

No caso do grupo com curva apical do canal radicular, essa distância, referida na alínea d, é mínima, já que a ponta dos instrumentos utilizados na ampliação do forame apical está pouco além do ápice; ou seja, levando-se essa citação em conta, a expressão da memória elástica estaria aumentada.

Será feita uma análise conjunta desses resultados e dos que foram descritos no item 6.2.2, quando descrita a influência da intensidade da curvatura radicular na evolução da regularização do forame apical, uma vez que os fenômenos da mecânica da instrumentação parecem explicar igualmente as diferenças observadas entre as duas situações com canais radiculares mais retos (curvatura radicular suave e ausência de curva apical) e os outros dois conjuntos com canais radiculares mais curvos (curvatura radicular moderada e presença de curva apical).

Para facilitar a visualização dos dados relativos a essas situações, de maneira conjunta, foi montada a tabela 11.

Tabela 11 - Número de dentes, CV médio, CV do controle e dos tratamentos I e II, diferença entre o CV médio do controle e tratamento II e ângulo da curvatura radicular média para as quatro situações analisadas.

Grupos	N	Média	Controle	Trat I	Trat II	Δ C/II	Ângulo
Curvatura radicular suave	25	13,10	16,10	11,75	11,46	4,64	8,07°
Ausência de curva apical	30	13,45	17,42	12,05	10,87	6,55	10,85°
Curvatura radicular moderada	23	18,08	21,34	16,70	16,20	5,14	18,87°
Presença de curva apical	18	18,89	20,59	17,58	18,51	2,08	17,24°

Ângulo médio das curvaturas radiculares dos 48 dentes – 13,25°.

Analisados os dados desses conjuntos, verifica-se que houve pior desempenho na regularização do forame apical para os canais radiculares com curvatura, com diferenças estatisticamente significantes, quando comparados àqueles em que os canais radiculares se apresentavam mais retos – curvatura radicular suave ou ausência de curva apical.

Na literatura há inúmeros artigos que relatam a maior dificuldade em manter a forma e direção original ao realizar a instrumentação de canais radiculares curvos (entre outros, Schneider, 1971; Schilder, 1974; Weine *et al.*, 1975; Roane *et al.*, 1985; Moraes *et al.*, 1991; Wildey *et al.*, 1992; Shadid *et al.*, 1998; Peters & Barbakow, 1999).

Embora não se tenham feito comparações estatísticas entre duas variáveis não relacionadas (ANOVA a três critérios), devido ao tamanho da amostra, a tabela 11 nos permite visualizar algumas diferenças sugestivas. A diferença numérica dos CVs médios entre o controle e o tratamento II ($\Delta C/II$), refletindo o que aconteceu ao forame apical original após sua ampliação final (cinco instrumentos), nos canais radiculares com curva apical foi 2,08, o menor valor observado neste experimento. Mesmo que se analisem o CV médio do forame original e o do tratamento I ($\Delta C/I$), nestes canais com curva apical, a melhora é de apenas 3,01, continuando a ser sugestiva de uma regularização pouco efetiva. Somado a isso, por ser o CV médio do tratamento II o pior de todos os observados neste experimento, há uma forte sugestão de que há grande relevância para a presença de curva apical como fator negativo para a regularização do forame apical, durante sua ampliação. Por outro lado, o $\Delta C/II$ dos dentes sem curva apical foi o mais alto de todos os observados neste experimento, sugerindo ser a porção final do canal radicular reta o fator mais influente, positivamente, na regularização do forame apical. Vale ressaltar que os ângulos médios das curvaturas radiculares das raízes com curvatura mais suave é menor que o ângulo médio do grupo de canais sem curva apical. Ou seja, maior curvatura radicular no grupo sem curva apical do canal radicular do que a observada no grupo com curvatura suave da raiz. Isso reforça o exposto, visto que no item anterior desta discussão (6.2.1) os dados indicam ser a curvatura radicular fator influente na menor regularização dos forames apicais.

Tudo somado, as curvaturas radiculares e, em especial, as apicais são limitantes da regularização do forame apical como realizado neste experimento.

A presença de uma porção radicular reta após o arco de curva em uma raiz, baseados nestes dados, parece minimizar a deformação da porção além da curva, ao servir de anteparo que potencialmente neutralizaria, parcial ou completamente, a expressão da memória elástica do instrumento endodôntico que a curva gera (Roane *et al.*, 1985; Wildey *et al.*, 1992).

Vale analisar que a ampliação do forame apical, momento em que a guia de penetração se encontra além do forame apical, livre no ligamento periodontal ou lesão apical, impede uma correlação direta entre os achados das pesquisas relatadas nos artigos consultados na moderna literatura sobre instrumentação convencional de canais radiculares curvos e suas deformações apicais, já que nestes artigos são testados os instrumentos modernos que apresentam a guia de penetração modificada, proposta por Roane *et al.* (1985), sendo esta considerada importante para a centralização do preparo do canal radicular em sua porção apical. Com base nesta mecânica, seria de esperar que a perda do apoio da guia de penetração, dado o seu posicionamento além do forame apical, como ocorreu neste experimento, levasse os instrumentos endodônticos a gerar uma expressiva deformação do forame apical, especialmente os instrumentos mais calibrosos, devido à descentralização do preparo, criando *zip* como descrito inicialmente por Weine *et al.* (1975). Tal fato ocorreu poucas vezes, aparentemente com pouca intensidade na maioria dos casos e não foi sistematicamente analisado.

O movimento dado aos instrumentos é um fator que pode ter minimizado este deslocamento do preparo na direção externa da curvatura no terço apical, já que foi empregado movimento de giro no desgaste da dentina, de maneira firme e com pouquíssima repetição. A ampliação foi obtida com aproximadamente três movimentos de oscilação alternada (direita / esquerda), forçados. Tendo como premissa que o desgaste de dentina ocorra com maior intensidade quando empregada maior frequência na repetição dos movimentos realizados com os instrumentos endodônticos, esta ampliação realizada

intencionalmente com poucos movimentos pode ter contribuído para ampliar sem deformar, ao contrário, obtendo, na maioria dos casos, regularização.

Como já citado, nossos resultados discordam dos achados de Goldberg & Massone (2002). Pela descrição pouco clara encontrada no artigo, o movimento usado parece ter sido o de limagem, diferindo do utilizado em nossa pesquisa. Na opinião de Schneider (1971), Roane *et al.* (1985) e Walton (1992), para citar os clássicos, o movimento de alargamento produz canais radiculares arredondados e com menor deformação apical.

Para finalizar, cite-se que houve piora, dada pelo aumento do CV médio, nos canais com curva apical, entre os tratamentos I e II, novamente sugerindo que a ampliação do forame apical, quando o propósito é ampliá-lo e regularizá-lo, não exceda três instrumentos.

6.3 ANÁLISE GLOBAL DOS RESULTADOS E DA PATÊNCIA E AMPLIAÇÃO DO FORAME APICAL

A patência e ampliação do forame apical é uma etapa do preparo químico-mecânico que carece de maior aprofundamento na sua compreensão. Segundo Cailleteau & Mullany (1997), o conceito de patência apical é ensinado e recomendado em 50% dos cursos de odontologia nos Estados Unidos da América, embora vários dos benefícios de sua utilização não tenham sido adequadamente investigados.

O procedimento avaliado neste experimento, algumas vezes citado como patência apical, nos parece melhor definido pela denominação patência e ampliação do forame apical, ou limpeza e ampliação do forame apical. Cunhá-lo, somente, como patência apical nos parece incorrer num erro, devido ao fato que “manter patente ou fazer patência” significa manter ou tornar desimpedido, transitável (Ferreira, 1999), portanto nada tem a ver com ampliação.

O objeto deste estudo foi avaliar a regularização obtida com a ampliação do forame apical. Os resultados mostram que a ampliação regularizou significativamente o forame apical, devendo ser realizada com menor intensidade ou com outros instrumentos e (ou) técnicas nos casos em que se observe curva apical do canal. São necessárias novas pesquisas para que se possa definir a melhor maneira de realizá-la nestes casos.

A limpeza do canal radicular até o forame apical é preconizada por diversos autores para os casos de necrose pulpar, com lesão ou sem, e para os casos de retratamento. Realizá-la em biopulpectomias é uma indicação menos frequente. Para realizá-la, é preciso passar além do forame apical com uma lima que movimentada o conteúdo do canal radicular em seu milímetro final, auxiliando em sua limpeza, com o efeito adicional e concomitante de evitar a condensação de raspas de dentina, contaminadas ou não, compactadas junto com outros detritos – fragmentos de tecido pulpar, micro-organismos, resíduos de obturação prévia e outras substâncias com as quais as limas tenham contato e possam empurrar para esta região (Schilder, 1974; Holland *et al.*, 1980; Souza, 1998, 2000^a, 2000^b, 2003, 2006; Wu *et al.*, 2000; Flanders, 2002; Schon, 2002; Mounce, 2005).

Com base nessa limitação e por conta de algumas situações clínicas em que há maior preocupação com o conteúdo deste milímetro final e sua influência no sucesso do tratamento, nas necropulpectomias e nos retratamentos com lesão apical, há indicação de uma atuação mais intensa, além da simples limpeza, com desgaste da dentina até o forame apical, visando instrumentar, como se faz no restante do canal radicular, este pequeno segmento, obtendo adequada e importante desinfecção (Matsumiya & Kitamura, 1960; Schilder, 1974; Ørstavik *et al.*, 1991; Kiryu *et al.*, 1994; Wu *et al.*, 2000; Souza, 2006). Wu *et al.* (2000) recomendam, porém, que isso seja feito após a instrumentação do canal radicular com o objetivo de diminuir a extrusão de detritos.

A nossa avaliação é que se façam a patência e ampliação dos forames apicais em todas as situações clínicas, inclusive nas biopulpectomias. Isto porque, a limpeza da porção final do canal, além da constrição apical, seria mais seguramente realizada já que a condensação de raspas de dentina e fragmentos de tecido pulpar seria prevenida. A comprovação de haver invaginação de tecido do ligamento periodontal para o interior do

canal após a ampliação foraminal com preponderante reparo apical por tecido fibroso ou mesmo tecido mineralizado, justifica este procedimento (Johnson, 1945; Hørsted & Nygaard-Östby, 1978; Holland *et al.*, 1979; Holland *et al.*, 1979; Holland *et al.*, 1980; Holland *et al.*, 1981; Benatti *et al.*, 1985; Souza Filho *et al.*, 1987; Souza Filho, 1995; Souza Filho *et al.*, 1996; Holland *et al.*, 2005).

Os resultados obtidos neste experimento, em seu conjunto, sugerem que a patência e ampliação do forame apical geram limpeza, visto que raramente foram observados resíduos na porção avaliada (apêndice 3). Avaliar a limpeza não foi objeto do experimento, nem foi avaliada de maneira sistemática, sendo somente uma sugestão das imagens observadas. Vale ressaltar que o padrão da irrigação desses canais radiculares durante o experimento foi diferente e provavelmente superior em eficiência ao que se consegue clinicamente.

Por conta de a forma do forame apical ser por vezes irregular, com áreas de retenção de resíduos de difícil solução pelos processos naturais de defesa, a ampliação do forame apical deveria ser executada com o propósito complementar de regularizá-lo. Vale salientar que muitos forames apicais são circulares ou levemente ovais e dispensariam esta ampliação (Kutler, 1955; Green, 1956, 1960; Simon, *et al.*, 1981; Stein & Corcoran, 1990; Mizutani *et al.*, 1992; Blašković-Šubat *et al.*, 1992; Dummer *et al.*, 1984; Pi *et al.*, 1996; Briseño-Marroquin *et al.*, 2004), porém, não há como avaliá-los durante o tratamento endodôntico, para saber quando estamos diante de um canal com forame irregular.

Quanto aos instrumentos utilizados neste experimento, se analisada a literatura que sugere serem as limas de aço inoxidável pouco flexíveis quando comparadas aos instrumentos de liga níquel-titânio (Walia *et al.*, 1988), poderiam ser esperados melhores resultados se fossem realizadas a patência e ampliação com estes instrumentos. A literatura traz melhores resultados com estes instrumentos no preparo de canais radiculares curvos (Willey *et al.*, 1992; Wu & Wesselink, 1995; Gambill *et al.*, 1996; Coleman & Svec, 1997; Pettiette *et al.*, 1999; Pettiette *et al.*, 2001; Pereira *et al.*, 2001; Song *et al.*, 2004; Kfir *et al.*, 2004; Loizides *et al.*, 2006). Aragão *et al.* (1998) mostram ampliação mais regular com instrumentos de liga níquel-titânio quando comparados à lima de aço inoxidável flexível.

Porém, os autores relatam que o movimento empregado, limagem ou alargamento, influiu de maneira mais intensa do que o tipo do metal das limas empregadas. Goldberg & Massone (2002), diferentemente, não encontraram diferença, mas sim deformação do forame apical tanto com limas de aço inoxidável como com limas de liga níquel-titânio. Porém, cremos que os resultados de Goldberg e Massone (2002) não se verifiquem em novos experimentos, nos parecendo ser esta uma área para novas pesquisas, comparando limas de níquel-titânio com limas de aço inoxidável; e, também, a comparação destes instrumentos em uso manual ou mecânico-rotatório.

Gutierrez *et al.* (1999) relatam a formação de fraturas de cimento na porção apical, em dente instrumentado além do forame apical analisado sob microscopia eletrônica de varredura. Esses autores relatam um “padrão de casca de uma banana descascada” para fraturas de porções de cimento e (ou) dentina. Em nosso experimento ocorreram pequenas fraturas de cimento apical – dentes 22, 33, 45 e 104 (figuras 19, 28, 26 e 27, respectivamente). Não foi observado um padrão como descrito por estes autores.

Como essas pequenas fraturas ocorreram durante a instrumentação, poder-se-ia imaginar serem devidas ao efeito de instrumentos calibrosos usados com firme pressão. Esta conclusão se torna meramente especulativa visto que as fraturas ocorreram depois de duas desidratações (e re-hidratações). Além disto, estas fraturas podem não ocorrer em uma situação clínica, quando a dentina apresentar sua hidratação normal e houver tecido de suporte ao redor do dente.

Outra característica do uso da patência e ampliação do forame apical é a diminuição da importância da localização do limite CDC ou da constrição apical, na prática impossíveis de realizar com precisão. A odontometria se torna uma referência, já que na instrumentação a lima pode ser levada além do forame apical com margem de segurança para que a intenção de ir além seja concretizada. Para que o travamento do cone possa ocorrer em posição adequada, ele pode ser planejado a 2mm do ápice radiográfico e esta medida checada com o uso de testes clínicos, localizadores apicais eletrônicos e provas radiográficas do cone, havendo, assim, grande probabilidade de estar a ponta do cone em sólida área dentinária. Seria minimizada a importância de não ser possível identificar

radiograficamente o frequente desvio do forame apical em relação ao ápice radicular (Kuttler, 1955; Green, 1956, 1960; Palmer *et al.*, 1971; Burch & Hulen, 1972; Pineda & Kuttler, 1972; Weine *et al.*, 1975; Simon *et al.*, 1981; Dummer *et al.*, 1984; Tamse *et al.*, 1988; Stein & Corcoran, 1990; Mizutani *et al.*, 1992; Blašković-Šubat *et al.*, 1992; Gutierrez & Aguayo, 1995; Pi *et al.*, 1996; Ricucci, 1998; Ricucci & Langeland, 1998; Hassanien *et al.*, 2008). A literatura mostra que há invaginação de tecido conjuntivo para o interior de tubos ocos (Selye, 1959; Goldman & Pearson, 1965; Torneck *et al.*, 1966; Phillips, 1967; Valdrighi, 1976, entre outros); além destes, em artigos mais recentes, mostra que há invaginação de tecido neoformado em áreas apicais de canais radiculares com forames amplos ou ampliados pela instrumentação, especialmente nos adequadamente limpos e desinfetados, culminando em reparo ou formação de tecido saudável e maduro, na maioria dos dentes testados (Johnson, 1945; Hørsted & Nygaard-Östby, 1978; Holland *et al.*, 1979; Holland *et al.*, 1979; Holland *et al.*, 1980; Holland *et al.*, 1981; Benatti *et al.*, 1985; Souza Filho *et al.*, 1987; Souza Filho, 1995; Souza Filho *et al.*, 1996; Holland *et al.*, 2005). A comprovação da ocupação de espaços, nessas condições, nos leva a crer que há grande tendência a um processo de reparo adequado em casos nos quais os forames apicais sejam limpos e ampliados e, posteriormente, os canais radiculares bem obturados. Por outro lado, espera-se alto índice de insucesso nos casos em que a obturação fique curta em canais radiculares com forames apicais constrictos e (ou) não ampliados (Harty *et al.*, 1970; Valdrighi, 1976). Åkerblom & Hasselgren (1988) e Negishi *et al.* (2005) constataram alta frequência de insucesso em casos não tratados no comprimento adequado, quando apresentavam, no pré-operatório, lesão inflamatória apical.

A dor pós-operatória, possível consequência de intervenções endodônticas em casos de necrose pulpar e lesão inflamatória apical, caso sejam forçados novos irritantes para o interior da lesão periapical, seria favorecida pela patência e ampliação do forame apical, já que a extrusão de resíduos é facilitada pela maior amplitude do forame apical (Erausquin & Muruzábal, 1968; Yusuf, 1982; Al-Omari & Dummer, 1995; Fairbourn *et al.*, 1997; Reddy & Hick, 1998; Hinrichs *et al.*, 1998; Beeson *et al.*, 1998; Ferraz *et al.*, 2001; Lambrianidis *et al.*, 2001; Tinaz *et al.*, 2005; Kuştarci *et al.*, 2008). Seltzer e Naidorf (1985) descrevem o mecanismo do *flare-up* ocasionado pela extrusão de material irritante do

canal. Hülsmann & Hahn (2000) avaliam que haja o aumento da probabilidade de, se usados líquidos irritantes, ocorrer injeção de líquido irrigador na região periapical quando o forame apical for amplo, com as consequências injuriosas aos tecidos periapicais já bem descritas na literatura. Como contraponto a estas opiniões, Souza (2000) relata, em casos de necrose pulpar com lesão periapical, dor pós-operatória em somente um dos 58 dentes tratados com limpeza do forame apical; e Izu *et al.* (2004) demonstram que a lima contaminada que ultrapassa o forame apical, após transitar pelo canal radicular repleto de solução de hipoclorito de sódio a 5,25%, não leva bactérias viáveis à região periapical. Este fato é relevante ao analisarmos o estudo de Debelian *et al.* (1995), que relatou que a instrumentação em casos de necrose pulpar provocou bacteremia em 1/3 dos casos – neste experimento Debelian *et al.* empregaram como líquido irrigador o hipoclorito de sódio a 0,5% somente.

Outro aspecto a ser analisado, consideradas corretas as descrições clássicas, é que a geometria esperada, do milímetro final do canal radicular, é a de um cone que se inicia na constrição apical abrindo até emergir no forame apical (Blašković-Šubat *et al.*, 1992; Dummer *et al.*, 1984; Green, 1956, 1960; Kuttler, 1955; Mizutani *et al.*, 1992; Stein & Corcoran, 1990). Assim, devido a esta forma de cone, se espera que as limas que passem pela constrição apical não toquem as paredes do canal cementário, não limpando adequadamente as paredes cementárias desta porção do canal radicular se for realizada somente a patência do forame apical (Souza, 2006). Simon *et al.* (1981) e Kiryu *et al.* (1994) sugerem que a contaminação que toma conta do cimento apical, ocupando lacunas nele existentes, criadas pela reabsorção que ocorre na região, deve ser considerada como fator relevante na patogênese das lesões periapicais. Assim, é de se esperar seja importante a sua instrumentação e regularização. Vale salientar que a ampliação do forame apical como realizado neste experimento desgastou intensamente o canal cementário, o que deve significar sua instrumentação de maneira a descontaminar superficialmente esta região.

Porém, nestes casos não há a formação de um *stop* apical que poderia suportar o cone principal de obturação, o que poderia gerar sobre-extensão da obturação. Quanto a isso, caso não seja utilizada técnica de obturação adequada, Yared & Dagher (1994)

indicam maior ocorrência deste “efeito colateral” da obturação. Nitzan *et al.* (1983) relatam sobreobturação de diversos casos clínicos chegando ao canal mandibular, possivelmente favorecidas pela ampliação do forame apical; porém, Kašťáková *et al.* (2001), Dandakis *et al.* (2005) e Gomes-Filho *et al.* (2008) apresentam resultados que mostram a possibilidade de ser mantida a obturação em seu nível ideal, ao verificarem ausência de sobre-extensão da obturação em casos obturados por condensação lateral a frio ou condensação vertical com termoplastificação, em canais radiculares tratados com ou sem ampliação do forame apical. Segundo Muruzábal *et al.* (1966), a sobreobturação causa irritação apical. Por outro lado, Siqueira Jr (2001) relata que os insucessos estão ligados à presença de infecção e não a outros aspectos, como, por exemplo, o extravasamento de material.

Assim, podemos depreender que é necessário, quando se empregam a patência e ampliação do forame apical, o uso de técnicas e cuidados no preparo químico-mecânico e na obturação que levem em consideração a forma do canal radicular e a ausência de batente apical, a fim de manter o nível da obturação no limite ideal, favorecendo o índice de sucesso que diversos artigos sugerem atingir a máxima expressão quando a obturação fica de 1 a 2mm do ápice dental (Vidair & Butcher, 1955; Davis *et al.*, 1971; Swartz *et al.*, 1983; Sjögren *et al.*, 1990; Smith *et al.*, 1993; Ricucci, 1998; Ricucci & Langeland, 1998; Seltzer, 1999; Schaeffer *et al.*, 2005; Baugh & Wallace, 2005). Vale salientar como fato relacionado à ampliação do forame apical, que Card *et al.* (2002) relatam que um instrumentação mais intensa, proporcionando um maior aumento do calibre do canal em sua porção apical, favorece o controle dos micro-organismos pré-existentes

Em vista dos dados obtidos e da literatura analisada, a patência apical, somente, é um procedimento recomendável e seguro. A aplicação deste procedimento com maior intensidade realizando-se a patência e ampliação do forame apical, com algumas limitações, sendo a principal delas a presença de curva apical do canal radicular em seu segmento final, tende a ser realizada, também, com segurança e eficiência. A sua inserção no tratamento endodôntico, com a análise das interações com outras etapas, nos parece positiva, porém novas pesquisas, abrangendo outros aspectos, precisam ser realizadas.

7 Conclusão

1. Os forames apicais foram regularizados pela ampliação com três instrumentos, dois além da lima anatômica inicial;
2. A regularização, quando usados cinco instrumentos na ampliação do forame, não foi significativamente melhor do que aquela obtida com três instrumentos, não sendo benéfica em alguns dentes;
3. A maior intensidade da curvatura radicular influi negativamente na regularização dos forames apicais;
4. A presença de curva apical nos 3mm finais do canal radicular não permitiu a regularização do forame apical pela sua ampliação.

Referências¹⁴

1. Åkerblom A, Hasselgren G. The prognosis for endodontic treatment of obliterated root canals. *J Endod.* 1988; 14(11): 565-7.
2. Al-Omari MAO, Dummer PMH. Canal blockage and debris extrusion with eight preparation techniques. *J Endod.* 1995; 21(3): 154-8.
3. Aragão EM, Archegas LRP, Heck AR, Moraes SH. Evaluacion de la deformacion del foramen apical producida por la sobreinstrumentacion com instrumentos manuales y mecanicos rotativos por sistema profile y quantec. In: *Anales del IX Congreso de la Sociedad Argentina de Endodoncia*; 1998. Buenos Aires: IX Cosae; 1998. p. 45.
4. Barroso JM, Guerisoli DMZ, Capelli A, Saquy PC, Pécora JD. Influence of cervical preflaring on determination of apical file size in maxillary premolars: SEM analysis. *Braz Dent J.* 2005; 16(1): 30-4.
5. Baugh D; Wallace J. The Role of Apical Instrumentation in Root Canal Treatment: A Review of the Literature. *J Endod.* 2005; 31(5): 333-40.
6. Beeson TJ, Hartwell GR, Thornton JD, Gunsolley JC. Comparison of debris extruded apically in straight canals: conventional filing versus profile .04 taper series 29. *J Endod.* 1998; 24(1): 18-22.
7. Benatti O, Valdrighi L, Biral RR, Pupo J. A histological study of the effect of diameter enlargement of the apical portion of the root canal. *J Endod.* 1985; 11(10): 428-34.

¹⁴ De acordo com a norma da UNICAMP/FOP, baseadas na norma do International Committee of Medical Journal Editors – Grupo de Vancouver. Abreviatura dos periódicos em conformidade com o Medline.

8. Blašković-Šubat V, Maričić B, Šutalo J. Assymetry of the root canal foramen. *Int Endod J.* 1992; 25(3): 158-64.
9. Brady JE, Himel VT, Weir JC. Periapical response to an apical plug of dentin filings intentionally placed after root canal overinstrumentation. *J Endod* 1985; 11(8): 323-9.
10. Bramante CM, Berbert A, Borges RP. A methodology for evaluation of root canal instrumentation. *J Endod.* 1987; 13(5): 243-5.
11. Briseño Marroquin B, ElSayed MAA, Willershausen-Zönnchen B. Morphology of the Physiological Foramen: I. Maxillary and Mandibular. *J Endod.* 2004; 30(5): 321-8.
12. Buchanan LS. Management of the curved root canal. *J Calif Dent Assoc.* 1989; 17(4): 19-27.
13. Buchanan LS. The standardized-taper root canal preparation – Part 1. Concepts for variably tapered shaping instruments. *Int Endod J.* 2000; 33(6): 516-29.
14. Buchanan LS. The standardized-taper root canal preparation – Part 2. GT file selection and safe handpiece-driven file use. *Int Endod J.* 2001; 34(1): 63-71.
15. Buchanan LS. The standardized-taper root canal preparation – Part 3. GT file technique in large root canals with small apical diameters. *Int Endod J.* 2001; 34(2): 149-56.
16. Buchanan LS. The standardized-taper root canal preparation – Part 4. GT file technique in large root canals with large apical diameters. *Int Endod J.* 2001; 34(2): 157-64.
17. Buchanan LS. The standardized-taper root canal preparation – Part 5. GT file technique in small root canals. *Int Endod J.* 2001; 34(3): 244-9.

18. Buchanan LS. The standardized-taper root canal preparation – Part 6. GT file technique in abruptly curved canals. *Int Endod J.* 2001; 34(3): 250-9.
19. Burch JG, Hulen S. The relationship of the apical foramen to the anatomic apex of the tooth root. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 1972; 34(2): 262-8.
20. Cailleteau JG, Mullany TP. Prevalence of teaching apical patency and various instrumentation and obturation techniques in United States Dental Schools. *J Endod.* 1997; 23(6): 394-6.
21. Camps JJ, Pertot WJ, Levallois B. Relationship between file size and stiffness of nickel titanium instruments. *Endod Dent Traumatol.* 1995; 11(6): 270-3.
22. Canzani JH. Pronostico, tratamiento y evolución de casos con procesos apicales. *Rev Assoc Odontol Argent.* 1971; 59(1): 85-8.
23. Card SJ, Sigurdsson A, Ørstavik D. The effectiveness of increased apical enlargement in reducing intracanal bacteria. *J Endod.* 2002; 28(11): 779-83.
24. Coleman CL, Svec TA. Analysis of Ni-Ti versus stainless steel instrumentation in resin simulated canals. *J Endod.* 1997; 23(4): 232-5.
25. Contreras MAL, Zinman EH, Kaplan SK. Comparison of the first file that fits at the apex, before and after early flaring. *J Endod.* 2001; 27: 113-6.
26. Dandakis, C; Kaliva, M; Lambrianidis, T; Kosti, E. An In Vitro Comparison of the Sealing Ability of Three Endodontic Sealers Used in Canals with Iatrogenic Enlargement of the Apical Constriction. *J Endod.* 2005; 31(3): 190-3.
27. Davis MS, Joseph SW, Bucher JF. Periapical and intracanal healing following incomplete root canal fillings in dogs. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 1971; 31(5): 662-75.

28. Debelian GJ, Olsen I, Tronstad L. Bacteremia in conjunction with endodontic therapy. *Endod Dent Traumatol.* 1995; 11(3): 142-9.
29. Dummer PMH, McGinn JH, Rees DG. The position and topography of the apical constriction and apical foramen. *Int Endod J.* 1984; 17(4): 192-8.
30. Erausquin J, Muruzábal M. Evolution of blood Clot after root canal treatment in rat molars. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 1968; 47(1): 34-40.
31. Fairbourn DR, McWalter GM, Montgomery S. The effect of four preparation techniques on the amount of apically extruded debris. *J Endod.* 1987; 13(3): 102-8.
32. Ferraz CCR, Gomes NV, Gomes BPPA, Zaia AA, Teixeira FB, Souza-Filho FJ. *Int Endod J.* 2001; 34(5): 354-8.
33. Ferreira ABH. *Novo Dicionário da Língua Portuguesa.* Rio de Janeiro: Nova Fronteira. Patente; p.1513.
34. Flanders DH. Endodontic patency. How to get. How to keep it. Why it is so important. *NYSDJ.* 2002; 68(3): 30-2.
35. Gambill JM, Alder M, del Rio CE. Comparison of Nickel-Titanium and stainless steel hand-file instrumentation using computed tomography. *J Endod.* 1996; 22(7): 369-75.
36. Goldberg F, Massone EJ. Patency file and apical transportation: an in vitro study. *J Endod.* 2002; 28(7): 510-1.
37. Goldman M, Pearson AH. A preliminary investigation of the "hollow tube" theory in endodontics: study with neo-tetrazolium. *J Oral Ther.* 1965; 6: 618-26.

38. Gomes-Filho JE, Hopp RN, Bernabé PEF, Nery MJ, Otoboni Filho JA, Dezan Júnior E. Evaluation of the apical infiltration after root canal disruption and obturation. *J Appl Oral Sci.* 2008; 16(5):345-9.
39. Gondim Junior E. Estudo dos efeitos do preparo sônico e ultra-sônico de cavidades retrógradas em dentes recém extraídos. Análise de réplicas com microscópio eletrônico de varredura [dissertação]. Piracicaba: UNICAMP/FOP; 1999.
40. Green D. A stereomicroscopic study if the root apices of 400 maxillary and mandibular anterior teeth. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 1956; 9(11): 1224-32.
41. Green D. A stereomicroscopic study if the root apices of 700 maxillary and mandibular posterior teeth. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 1960; 13(6): 728-33.
42. Gutierrez JH, Aguayo P. Apical foraminal openings in human teeth. Number and location. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1995; 79(6): 769-77.
43. Gutierrez JH, Brizuela C, Villota E. Human teeth with periapical pathosis after overinstrumentation and overfilling of the root canals: a scanning electron microscopic study. *Int Endod J.* 1999; 32(1): 40-48.
44. Halse A, Molven O. Overextended guta-perch and kloroperka N-O root canal fillings. Radiographic findings after 10-17 years. *Acta Odont Scand.* 1987; 45(2): 171-7.
45. Harty F, Parkins B, Wengraf A. Success rate in root canal therapy: a retrospective study of conventional cases. *Brit Dent J.* 1970; 128(1): 65-70.
46. Hassanien EE, Hashem A, Chalfin H. Histomorphometric Study of the Root Apex of Mandibular Premolar Teeth: An Attempt to Correlate Working Length

- Measured with Electronic and Radiograph Methods to Various Anatomic Positions in the Apical Portion of the Canal. *J Endod.* 2008; 34(4): 408-412.
47. Hinrichs RE, Walker III WA, Schindler WG. A comparison of amounts of apically extruded debris using handpiece-driven nickel titanium instrument systems. *J Endod.* 1998; 24(2): 102-5.
48. Holland R, Nery MJ, Mello W, Souza V, Bernabé PFE, Otoboni Filho JA. Root canal treatment with calcium hydroxide. I Effect of overfilling and refilling. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 1979; 47(1): 87-92.
49. Holland R, Nery MJ, Mello W, Souza V, Bernabé PFE, Otoboni Filho JA. Root canal treatment with calcium hydroxide. II Effect of instrumentation beyond the apices. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1979; 47(1): 93-96.
50. Holland R, Nery MJ, Souza V, Mello W, Bernabé PFE, Otoboni Filho JA. The effect of corticosteroid-antibiotic dressing on the behavior of the periapical tissue of dogs' teeth after overinstrumentation. *Rev Odontol UNESP.* 1981; 10(1/2): 21-5.
51. Holland R, Sant'Anna Júnior A, Souza V, Dezan Júnior D, Otoboni Filho JA, Bernabé PFE, Nery MJ, Murata SS. Influence of apical patency and filling material on healing process of dog's teeth with vital pulp after root canal therapy. *Braz Dent J.* 2005; 16(1): 9-16.
52. Holland R, Souza V, Nery MJ, Mello W, Bernabé PFE, Otoboni Filho JA. Tissue reactions following apical plugging of root canal with infected dentin chips. A histologic study in dogs' teeth. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 1980; 49(4): 366-9.
53. Holland R, Souza V, Tagliavini RL, Milanezi LA. Healing process of teeth with open apices: histological study. *Bull Tokyo Dent Coll.* 1971; 12(4): 333-8.

54. Hørsted P, Nygaard-Östby B. Tissue formation in the root canal after total pulpectomy and partial root filling. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1978; 46(2): 275-282.
55. Hülsmann M, Hahn W. Complications during root canal irrigation – literature review and case reports. *Int Endod J.* 2000; 33(3): 186-93.
56. Ibelli GS, Barroso JM, Capelli A, Spanó JCE, Pécora JD. Influence of cervical preflaring on apical file size determination in maxillary lateral incisors. *Braz Dent J.* 2007; 18(2): 102-6
57. Izu KH, Thomas SJ, Zhang P, Izu AE, Michalek S. Effectiveness of sodium hypochlorite in preventing inoculation of periapical tissues with contaminated patency files. *J Endod.* 2004; 30(2): 92-4.
58. Jakobson SJM, Westphalen VPD, Silva Neto UX, Fariniuk LF, Picoli F, Carneiro E. The accuracy in the control of the apical extent of rotary canal instrumentation using Root ZX II and ProTaper instruments. *J Endod.* 2008; 24(11): 1342-5.
59. Johnson VM. Experimental development of bone through apical foramen. *J Am Dent Assoc.* 1945; 31(1): 443-5.
60. Kašťáková A, Wu M-K, Wesselink PR. An in vitro experiment on the effect of an attempt to create an apical matrix during root canal preparation on coronal leakage and material extrusion. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 2001; 91(4): 462-7.
61. Kerekes K, Tronstad L. Long-term results of endodontic treatment performed with a standardized technique. *J Endod.* 1979; 5(3): 83-90.
62. Kfir A, Rosenberg E, Zuckerman O, Fuss Z. Comparison in vivo of the first tapered and nontapered instruments that bind at the apical constriction. *Oral Surg. Oral Med Oral Pathol.* 2006; 102(3): 395-8.

63. Kfir A, Rosenberg E, Zuckerman O, Tamse A, Fuss Z. Comparison of procedural errors resulting during root canal preparations completed by senior dental student in patients using an '8-step method' versus 'serial step-back technique'. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 2004; 97(6): 745-8.
64. Kiryu T, Hoshino E, Iwaku M. Bacteria invading periapical cementum. *J Endod.* 1994; 20(4): 169-72.
65. Kuştarıcı A, Akpınar KE, Er K. Apical extrusion of intracanal debris and irrigant following use of various instrumentation techniques. *Oral Surg.* 2008; 105(2): 257-62.
66. Kuttler Y. Microscopic investigation of root apexes. *J Am Dent Assoc.* 1955; 50(5): 544-52.
67. Lam TV, Lewis DJ, Atkins DR, Macfarlane RH, Clarkson RM, Whitehead MG, et al. Changes in root canal morphology in simulated curved canals over-instrumented with a variety of stainless steel and nickel titanium files. *Aust Dent J.* 1999; 44(1): 12-9.
68. Lambrianidis T, Tosonidou E, Tzoanapoulou M. The effect of maintaining apical patency on periapical extrusion. *J Endod.* 2001; 27(11): 696-8.
69. Langeland K. *Corso de Endodoncia.* Napoli, Italy: Orthocheck. Apud Ricucci, D. Apical limit of root canal instrumentation and obturation, part 1. Literature review. *Int Endod J.* 1998; 31(6): 384-93.
70. Leeb J. Canal orifice enlargement as related to biomechanical preparation. *J Endod.* 1983; 9(11): 463-70.
71. Loizides A, Eliopoulos D, Kontakiotis E. Root canal transportation with a Ni-Ti rotary file system and stainless steel hand files in simulated root canals. *Quint Int.* 2006; 37(5): 369-74.

72. Martos J, Ferrer-Luque CM, González-Rodríguez MP, Castro LAS. Topographical evaluation of the major apical foramen in permanent human teeth. *Int Endod J.* 2009; 42(4): 329–34.
73. Matsumiya S, Kitamura M. Histo-pathological and histo-bacteriological studies of the relation between the condition of sterilization of the interior of the root canal and the healing process of periapical tissues in experimentally infected root canal treatment. *Bull Tokyo Dent Coll.* 1960; 1(1): 1-19.
74. Matsumoto T, Nagai T, Ida K, Ito M, Kawai Y, Horiba N, Sato R, Nakamura . Factors affecting successful prognosis of root canal treatment. *J Endod.* 1987; 13(5): 239-42.
75. Mizutani T, Ohno N, Nakamura H. Anatomic study of the root apex in the maxillary anterior teeth. *J Endod.* 1992; 18(7): 344-7.
76. Moraes SH, Batista A, Aragão EM, Heck AR. Deformación apical de conductos curvos, com diferentes tipos de limas, diámetros y número de usos. *Endodoncia* 1991; 9(1): 36-40.
77. Morfis A, Sylaras SN, Georgopoulou M, Kernani M, Prountzos F. Study of the apices of human permanent teeth with the use of a scanning electron microscope. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol*, 1994; 77(2): 172-176.
78. Morgan LF, Montgomery S. An evaluation of the Crown-Down Pressureless Technique. *J Endod.* 1984; 10(10): 491-8.
79. Mounce R. What is apical patency and does it matter? *Compendium* 2005; 26(1): 62-6.
80. Muruzábal M, Erausquin J, Devoto FCH. A study of periapical overfilling in root canal treatment in the molar of rat. *Arch Oral Biol.* 1966; 11: 373-83.

81. Negishi J, Kawanami M, Ogami E. Risk analysis of failure of root canal treatment for teeth with inaccessible apical constriction. *J Dent.* 2005; 33(5): 399-404.
82. Nekoofar MH, Ghandi MM, Hayes SJ, Dummer PMH. The fundamental operating principles of electronic root canal length measurement devices. *Int Endod J.* 2006; 39(8): 595-609.
83. Nitzan DW, Stabholz A, Azaz B. Concepts of accidental overfilling and overinstrumentation in the mandibular canal during root canal therapy. *J Endod.* 1983; 9(2): 81-5.
84. Orban B. Resorption and repair on the surface of the root. *J Am Dent Assoc.* 1928; 15: 1768-77.
85. Ørstavik D, Kerekes K, Molven O. Effects of extensive apical reaming and calcium hydroxide dressing on bacterial infection during treatment of apical periodontitis: a pilot study. *Int Endod J* 1991; 24(1): 1-7.
86. Östby N. The role of the blood clot in endodontic therapy: an experimental histologic study. *Acta Odont Scand.* 1961; 19: 323-53.
87. Oswald RJ, Friedman CE. Periapical response to dentin filings. A pilot study. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 1980; 49(4): 344-55.
88. Palmer MJ, Weine FS, Healey HJ. Position of the apical foramen in relation to endodontic therapy. *J Canad Dent Assoc.* 1971; 37(8): 305-8.
89. Pecora JD, Capelli A, Guerisoli DMZ, Spanó JCE, Estrela C. Influence of cervical preflaring on the apical file size determination. *Int Endod J.* 2005; 38: 430-6.

90. Pereira AJA, Fidel RAS, Fidel SR, Cecília MS, Duarte MAH. Comportamento das limas manuais de aço inoxidável e de níquel-titanio em relação ao transporte apical. *Rev Bras Odont.* 2001; 58(4): 266-9.
91. Peters O, Barbakow F. Apical transportation revisited or 'Where did the K-file go?'. *Int. Endod. J.* 1999; 32(2): 131-7.
92. Peters OA, Schönenberger K, Laib A. Effects of four Ni-Ti preparation techniques on root canal geometry assessed by micro computed tomography. *Int Endod J.* 2001; 34(3): 221-30.
93. Pettiette MT, Metzger Z, Phillips C, Trope M. Endodontic complications of root canal therapy performed by dental students with stainless-steel k-files and nickel-titanium hand files. *J Endod.* 1999; 25(4): 230-234.
94. Pettiette MT, Delano EO, Trope M. Evaluation of success rate of endodontic treatment performed by students with stainless-steel k-files and nickel-titanium hand files. *J Endod.* 2001; 27(2): 124-127.
95. Phillips JM. Rat connective tissue response to hollow polyethylene tube implants. *J Canad Dent Ass.* 1967; 33(2): 59-64.
96. Pi X, Li C, Chen Z. The micro-anatomy and clinical significance of the apical foramen in 1,282 permanent teeth. *Zhonghua Kou Qiang Yi Xue Za Zhi.* 1996; 31(5): 294-5.
97. Pineda F, Kuttler Y. Mesiodistal and buccolingual roentgenographic investigation of 7275 root canals. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 1972; 33(1): 101-10.
98. Poladian AJ, Blustein DR, Rodríguez AM. Configuración radicular externa e interna. Su importancia em el éxito del tratamiento endodóntico. *Endodoncia* 2006; 24(2): 78-86.

99. Reddy SA, Hick ML. Apical extrusion of debris using two hand and two rotary instrumentation techniques. *J Endod.* 1998; 24(3): 180-3.
100. Rhodes JS, Pitt Ford TR, Lynch PJ, Liepins PJ, Curtis RV. Micro-computed tomography: a new tool for experimental endodontology. *Int Endod J.* 1999; 32(3): 165-70.
101. Ribeiro AF, Abad EC, Radetic EA, Machado MEL. Avaliação in vitro do transporte do forame apical, durante o preparo biomecânico dos canais radiculares, através da análise morfométrica computadorizada. *Rev Bras Odont.* 1998; 55(6): 327-31.
102. Ricucci D. Apical limit of root canal instrumentation and obturation, part 1. Literature review. *Int Endod J.* 1998; 31(6): 384-93.
103. Ricucci D, Langeland, K. Apical limit of root canal instrumentation and obturation, part 2. A histological study. *Int Endod J.* 1998; 31(6): 394-409.
104. Roane JB, Sabala CL, Duncanson Jr MG. The “balanced force” concept for instrumentation of curved canals. *J Endod.* 1985; 11(5): 203-11.
105. Rosa Neto JJ. Estudo em Microscopia Eletrônica de Varredura do ápice radicular e do limite de obturação em dentes portadores de lesão periapical crônica [dissertação]. Araraquara, UNESP/FOA; 1997.
106. Santos JCB. Análise comparativa, in vitro, da eficiência na odontometria de três localizadores apicais (Root ZX, Bingo 1020 e NovApex). Piracicaba, 2005. 82 p. Tese (Doutorado) – Faculdade de Odontologia de Piracicaba, Universidade de Campinas.
107. Schaeffer M, White RR, Walton RE. Determining the optimal obturation length: a meta-analysis of the literature. *J Endod.* 2005; 31(4): 271-4.

108. Schilder, H. Cleaning and shaping the root canal. *Dent Clin N Am.* 1974; 18(2): 269-296.
109. Schneider SW. A comparison of canal preparations in straight and curved root canals. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol*, 1971; 32(2): 271-5.
110. Schon A. Short, over and properly filled. *NYSDJ.* 2002; 68(6): 9.
111. Seltzer S. Long-term radiographic and histological observations of endodontically treated teeth. *J Endod.* 1999; 25(12): 818-22.
112. Seltzer S, Naidorf IJ. Flare-ups in endodontics: I. Etiological factors. *J Endod.* 1985; 11(11): 472-8.
113. Seltzer S, Soltanoff W, Bender IB, Ziontz M. Biologic aspects of endodontics: Part I. Histologic observations of the anatomy and morphology of root apices and surrounding structures. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 1966; 22(3): 375-85.
114. Seltzer S, Soltanoff W, Sinai I, Goldenberg A, Bender IB. Biologic aspects of endodontics: Part III. Periapical tissue reactions to root canal instrumentation. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 1968; 26(4): 534-46.
115. Seltzer S, Soltanoff W, Sinai I, Smith J. Biologic aspects of endodontics: Part IV. Periapical tissues reactions to root-filled teeth whose canals had been instrumented short of their apices. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 1969; 28(5): 551-554.
116. Seltzer S, Soltanoff W, Smith J. Biologic aspects of endodontics: Part V. Periapical tissues reactions to root canal instrumentation beyond the apex and root canal fillings short of and beyond the apex. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 1973; 36(5): 725-37.
117. Selye H. Diaphragms for analyzing the development of connective tissue. *Nature* 1959; 184: 701-3.

118. Serene TP, Adams JD, Ashok S. Nickel-titanium instruments: applications in endodontics. St Louis: Ishiyaku EuroAmerica Inc; 1995.
119. Shadid DB, Nicholls JI, Steiner JC. A comparison of curved canal transportation with balanced force versus Lightspeed. *J Endod.* 1998; 24(10): 651-4.
120. Simon JHS. The apex: how critical is it? *Gen Dent.* 1994; 42(4): 330-334.
121. Simon JHS, Yonemoto GS, Bakland LK. Comparison of cellular cementum in normal and diseased teeth – a scanning electron microscopy study. *J Endod.* 1981; 7(8): 370-375.
122. Sinai I, Seltzer S, Soltanoff W, Goldenberg A, Bender IB. Biologic aspects of endodontics: Part II. The response of periapical tissues to pulp extirpation. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 1967; 23(5): 664-79.
123. Siqueira JR JF. Aetiology of root canal treatment failure: why well-treated teeth can fail. *Int Endod J.* 2001; 34(1): 1-10.
124. Sjögren U, Hagglund B, Sundqvist G, Wing K. Factors affecting the long term result of endodontic treatment. *J Endod.* 1990; 15(10): 498-504.
125. Smith C, Setchell D, Harty F. Factors influencing the success of conventional root canal therapy: a five year retrospective study. *Int Endod J.* 1993; 26(6): 321-33.
126. Song YL, Bian Z, Fan MW, Gutman JL, Peng B. A comparison of instrument-centering ability within the root canal for three contemporary instrumentation techniques. *Int Endod J.* 2004; 37(4): 265-71.
127. Souza RA. Clinical and radiographic evaluation of the relation between the apical limit of root canal filling and the success in Endodontics. Part 1. *Braz Endod J.* 1998; 3(1): 43-8.

128. Souza RA. Limpeza do forame – uma análise crítica. *J Bras Endo/Perio.* 2000a; 1(2): 72-8.
129. Souza RA^b. Limpeza de forame e sua relação com a dor pós-operatória. *J Bras Endo/Perio.* 2000b; 1(3): 45-8.
130. Souza RA. Limite apical de trabalho. In: Souza RA. *Endodontia Clínica.* São Paulo: Editora Santos; 2003. p. 7-34.
131. Souza RA. The importance of apical patency and cleaning of the apical foramen on root canal preparation. *Braz Dent J.* 2006; 17(1): 6-9.
132. Souza Filho FJ. Influência do alargamento do forame apical no processo de reparo do periápice de dentes contaminados de cães [dissertação]. Piracicaba: UNICAMP/FOP; 1987a.
133. Souza Filho FJ, Benatti O, Almeida OP. Influence of the enlargement of the apical foramen in periapical repair of contaminated teeth of dog. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 1987b; 64(4): 480-484.
134. Souza Filho FJ. Influência da ampliação do diâmetro do forame apical e do limite da obturação do canal no processo de reparação pós-tratamento endodôntico em dentes de cães [tese]. Bauru: USP/FOB; 1995.
135. Souza Filho FJ, Valdrighi L, Bernardinelli, N. Influência do nível da obturação e do alargamento do forame apical no processo de reparo tecidual. *Rev APCD.* 1996; 50(2): 175-7.
136. Stabholz A, Rotstein I, Torabinejad M. Effect of preflaring on tactile sense detection of the apical constriction. *J Endod.* 1995; 21(2): 92-4.
137. Stein TJ, Corcoran JF. Anatomy of the root apex and its histologic changes with age. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1990; 69(2): 238-242.

138. Swartz DB, Skidmore AE, Griffin Jr JA. Twenty years of endodontic success and failure. *J Endod.* 1983; 9(5): 198-202.
139. Tamse A, Kaffe I, Littner MM, Moskona D, Gavish A. Morphologic and radiographic study of the apical foramen in distal roots of mandibular molars. Part II. The distance between the foramen and the root end. *Int Endod J.* 1988; 21(3): 211-7.
140. Tan BT, Messer HH. The effect of instrument type and preflaring on apical file size determination. *Int Endod J.* 2002; 35: 752-8.
141. Tinaz AC, Alacam T, Uzun O, Maden M, Kayaoglu G. The effect of disruption of apical constriction on periapical extrusion. *J Endod.* 2005; 31(7): 533-5.
142. Torneck CD. Reaction of rat tissue to polyethylene tube implants. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 1966; 21(3): 379-87.
143. Torneck CD, Smith JS, Grindall P. Biologic effects of endodontic procedures on developing incisor teeth. IV Effect of debridement procedures and calcium hydroxide-camphorated paraclorophenol paste in the treatment of experimentally induced pulp and periapical disease. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 1973; 35(4): 541-54.
144. Tronstad L. Tissue reactions following apical plugging of the root canal with dentin chips in monkey teeth subjected to pulpectomy. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 1978; 45(2): 297-304.
145. Valdrighi L. Influência dos “espaços vazios” nos resultados dos tratamentos de canais radiculares. Avaliação radiográfica e histopatológica (Estudo experimental em cães). Piracicaba, 1976. 76 p. Tese (Livre-Docência) – Faculdade de Odontologia de Piracicaba, Universidade de Campinas.

146. Vanni JR, Santos R, Limongi O, Guerisoli DMZ, Capelli A, Pécora JD. Influence of cervical preflaring on determination of apical file size in maxillary molars: SEM analysis. *Braz Dent J.* 2005; 16(3): 181-6.
147. Vidair RV, Butcher EO. Regeneration of tissue into the pulp canal of monkey's teeth. *J Dent Med.* 1955; 10(4): 163-6.
148. Walton RE. Histologic evaluation of different methods of enlarging the pulp canal space. *J Endod.* 1976; 2(10): 304-11.
149. Walton RE. Current concepts of canal preparation. *Dent Clin N Am.* 1992; 36(2): 309-26.
150. Walia H, Brantley WA, Gerstein H. An initial investigation of the bending and torsional properties of nitinol root canal files. *J Endod.* 1988; 14(7): 346-51.
151. Weine FS, Kelly RF, Lio PJ. The effect of preparation procedures on original canal shape and on apical foramen shape. *J Endod.* 1975; 1(8): 255-62.
152. Wildey WL, Senia S, Montgomery S. Another look at root canal instrumentation. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 1992; 74(4): 499-507.
153. Wu M-K, Barkis D, Roris A, Wesselink PR. Does the first file to bind correspond to the diameter of the canal in the apical region? *Int Endod J.* 2002; 35: 264-7.
154. Wu M-K, R'oris A, Barkis D, Wesselink P. Prevalence and extent of long oval canals in the apical third. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2000a;89(6): 739-43.
155. Wu M-K, Wesselink PR. Efficacy of three techniques in cleaning the apical portion of curved root canals. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1995; 79(4): 492-496

156. Wu M-K, Wesselink PR, Walton RE. Apical terminus location of root canal treatment procedures. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 2000b; 89(1): 99-103.
157. Yared GM, Dagher FEB. Apical enlargement: influence on overextensions during in vitro vertical compaction. *J Endod.* 1994; 20(6): 269-271.
158. Yusuf H. The significance of the presence of foreign material periapically as a cause of failure of root treatment. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol,* 1982; 54(5): 566-74.

Apêndice 1

As tabelas seguintes resumem os dados relativos aos 48 dentes tratados: tipo de dente, ângulo mais acentuado da curvatura radicular, presença ou ausência de curva apical do canal, o calibre da lima anatômica inicial, o CV inicial, o CV após o uso de 3 instrumentos na instrumentação além forame apical (LAI + 2) e o CV após o uso de 5 instrumentos (LAI + 4). As tabelas foram organizadas para as três análises realizadas: análise conjunta dos 48 dentes tratados, análise da influência da curvatura radicular e análise da influência da presença de curva apical do canal na modificação da forma do forame apical.

TABELA 8 – Dados dos 48 dentes tratados

DENTE	TIPO	CURVA DA RAIZ	CURVA DA RAIZ	CURVA APICAL	LAI	CVi	CV3	CV5
	INCISIVO CANINO	ÂNGULO	SUAVE MODERADA	AUSENTE PRESENTE				
15 1	I	2,69	S	A	25	8,58	17,24	14
16 2	I	3,95	S	A	25	49,82	15,17	9,02
17 3	C	16,75	M	A	35	35,74	19,58	8,23
20 4	I	12,34	S	A	25	33,4	26,52	17,21
21 5	I	10,46	S	A	15	10,76	17,77	18,78
22 6	I	19,19	M	P	25	14,54	31,03	42,65
24 7	C	16,25	M	P	30	27,68	26,76	27,22
25 8	C	17,87	M	P	15	3,38	5,17	2,34
29 9	C	14,56	M	A	40	13,18	4,79	8,9
30 10	I	8,94	S	P	20	14,78	17,82	15,31
33 11	C	13,92	M	P	25	18,27	12,05	17,4
36 12	C	16,16	M	A	30	17,25	10,01	10,01
38 13	C	11,81	S	A	30	19,4	1,8	3,92
39 14	I	8,11	S	A	30	15,93	6,93	7,71
40 15	C	9,57	S	P	20	33,48	30,34	30,04
41 16	I	5,16	S	A	30	24,71	6,65	5,64
45 17	I	22,85	M	P	25	20,7	14,57	19,48
46 18	C	11,01	S	A	35	15,33	11,9	20,82
47 19	C	19,88	M	A	35	14,61	15,37	10,07
49 20	I	5,43	S	A	30	16,6	12,65	13,2
51 21	C	14,22	M	A	25	18,44	12,38	8,09
54 22	C	37,21	M	P	35	19,42	21,52	24,7
56 23	I	9,39	S	A	25	3,35	9,25	7,12
57 24	I	4,79	S	A	20	12,49	16,56	9,31
58 25	C	19,12	M	A	40	9,93	17,53	17,33
61 26	C	17,37	M	P	40	40,44	29,18	29,07
62 27	C	7,42	S	A	30	3,7	4,85	8,97
70 28	I	7,7	S	A	25	10,3	3,36	2,7
100 29	C	8,06	S	A	30	8,65	5,	4,38
102 30	C	17,02	M	A	20	29,55	16,53	15,02
103 31	C	24,39	M	P	20	35,73	17,88	13,02
104 32	I	16,84	M	P	25	24,91	26,48	10,02
105 33	I	8,47	S	A	30	7,74	2,11	2,82
106 34	C	14,27	M	P	25	5,58	8,01	14,06
107 35	I	16,44	M	A	35	20,56	20,15	19,86
108 36	I	4,74	S	P	25	9,06	24,28	20,26
109 37	C	5,95	S	A	20	10,31	11,65	14,66
110 38	C	23,76	M	A	25	43,04	38,23	27,92
111 39	I	12,18	S	A	30	27,92	8,37	9,53
112 40	C	8,14	S	A	30	10,95	3,23	3,23
113 41	C	6,74	S	A	35	13,01	6,61	7,54
114 42	C	17,7	M	P	25	9,85	7,91	17,61
115 43	I	9,1	S	A	30	8,59	10,09	5,10
116 44	I	19,09	M	P	25	22,23	6,47	5,10
117 45	I	10,84	S	P	25	24,87	14,35	20,36
118 46	I	19,03	M	P	35	22,26	10,93	10,19
119 47	I	8,7	S	A	20	8,76	9,36	14,88
120 48	C	20,19	M	P	35	23,52	11,64	14,38
Média	25 C 23 I	13,25	25 S 23 M	30 A 18 P	27,71	18,61	14,13	13,73

TABELA 9 – Dados complementares dos 48 dentes tratados.

DENTE	ÂNGULO DA CURVATURA RADICULAR		LAI	LAI + 2	LAI + 4
	MENOR	MAIOR			
15	2,13	2,69	25	35	45
16	2,91	3,95	25	35	45
17	10,37	16,75	35	45	55
20	3,14	12,34	25	35	45
21	7,89	10,46	15	25	35
22	7,99	19,19	25	35	45
24	9,35	16,25	30	40	50
25	7,81	17,87	15	25	35
29	7,36	14,56	40	50	60
30	6,20	8,94	20	30	40
33	6,12	13,92	25	35	45
36	11,41	16,16	30	40	50
38	3,06	11,81	30	40	50
39	2,91	8,11	30	40	50
40	6,54	9,57	20	30	40
41	0,63	5,16	30	40	50
45	0,74	22,85	25	35	45
46	2,52	11,01	35	45	55
47	2,94	19,88	35	45	55
49	4,73	5,43	30	40	50
51	2,48	14,22	25	35	45
54	32,87	37,21	35	45	55
56	5,7	9,39	25	35	45
57	4,4	4,79	20	30	40
58	10,14	19,12	40	50	60
61	12,7	17,37	40	50	60
62	2,41	7,42	30	40	50
70	7,7	5,54	25	35	45
100	6,1	8,06	30	40	50
102	7,54	17,02	20	30	40
103	5,54	24,39	20	30	40
104	12,68	16,84	25	35	45
105	4,57	8,47	30	40	50
106	7,64	14,27	25	35	45
107	2,15	16,44	35	45	55
108	3,55	4,74	25	35	45
109	5,04	5,95	20	30	40
110	0,91	23,76	25	35	45
111	5,94	12,18	30	40	50
112	0,8	8,14	30	40	50
113	4,59	6,74	35	45	55
114	2,07	17,7	25	35	45
115	9,1	6,88	30	40	50
116	9,7	19,09	25	35	45
117	2,68	10,84	25	35	45
118	6,02	19,03	35	45	55
119	8,7	3,84	20	30	40
120	11,74	20,19	35	45	55

TABELA 10 – Dados dos grupos de dentes com curva radicular suave ou moderada.

DENTE	TIPO	CURVA DA RAIZ ÂNGULO	CURVA DA RAIZ SUAVE MODERADA	CURVA APICAL AUSENTE PRESENTE	LAI	CVi	CV3	CV5
15	I	2,69	S	A	25	8,58	17,24	14
16	I	3,95	S	A	25	49,82	15,17	9,02
20	I	12,34	S	A	25	33,4	26,52	17,21
21	I	10,46	S	A	15	10,76	17,77	18,78
30	I	8,94	S	P	20	14,78	17,82	15,31
38	C	11,81	S	A	30	19,4	1,8	3,92
39	I	8,11	S	A	30	15,93	6,93	7,71
40	C	9,57	S	P	20	33,48	30,34	30,04
41	I	5,16	S	A	30	24,71	6,65	5,64
46	C	11,01	S	A	35	15,33	11,9	20,82
49	I	5,43	S	A	30	16,6	12,65	13,2
56	I	9,39	S	A	25	3,35	9,25	7,12
57	I	4,79	S	A	20	12,49	16,56	9,31
62	C	7,42	S	A	30	3,7	4,85	8,97
70	I	7,7	S	A	25	10,3	3,36	2,7
100	C	8,06	S	A	30	8,65	5,	4,38
105	I	8,47	S	A	30	7,74	2,11	2,82
108	I	4,74	S	P	25	9,06	24,28	20,26
109	C	5,95	S	A	20	10,31	11,65	14,66
111	I	12,18	S	A	30	27,92	8,37	9,53
112	C	8,14	S	A	30	10,95	3,23	3,23
113	C	6,74	S	A	35	13,01	6,61	7,54
115	I	9,1	S	A	30	8,59	10,09	5,10
117	I	10,84	S	P	25	24,87	14,35	20,36
119	I	8,7	S	A	20	8,76	9,36	14,88
Média	17 I 8 C	8,07		21 A 4 P	26,4	16,10	11,75	11,46
17	C	16,75	M	A	35	35,74	19,58	8,23
22	I	19,19	M	P	25	14,54	31,03	42,65
24	C	16,25	M	P	30	27,68	26,76	27,22
25	C	17,87	M	P	15	3,38	5,17	2,34
29	C	14,56	M	A	40	13,18	4,79	8,9
33	C	13,92	M	P	25	18,27	12,05	17,4
36	C	16,16	M	A	30	17,25	10,01	10,01
45	I	22,85	M	P	25	20,7	14,57	19,48
47	C	19,88	M	A	35	14,61	15,37	10,07
51	C	14,22	M	A	25	18,44	12,38	8,09
54	C	37,21	M	P	35	19,42	21,52	24,7
58	C	19,12	M	A	40	9,93	17,53	17,33
61	C	17,37	M	P	40	40,44	29,18	29,07
102	C	17,02	M	A	20	29,55	16,53	15,02
103	C	24,39	M	P	20	35,73	17,88	13,02
104	I	16,84	M	P	25	24,91	26,48	10,02
106	C	14,27	M	P	25	5,58	8,01	14,06
107	I	16,44	M	A	35	20,56	20,15	19,86
110	C	23,76	M	A	25	43,04	38,23	27,92
114	C	17,7	M	P	25	9,85	7,91	17,61
116	I	19,09	M	P	25	22,23	6,47	5,10
118	I	19,03	M	P	35	22,26	10,93	10,19
120	C	20,19	M	P	35	23,52	11,64	14,38
Média	6 I 19 C	17,36		9 A 16 P	26,8	21,34	16,70	16,20

TABELA 11 – Dados dos grupos de dentes com curva apical do canal ausente ou presente.

DENTE	TIPO	CURVA DA RAIZ ÂNGULO	CURVA DA RAIZ SUAVE MODERADA	CURVA APICAL AUSENTE PRESENTE	LAI	Cvi	CV3	CV5
15	I	2,69	S	A	25	8,58	17,24	14
16	I	3,95	S	A	25	49,82	15,17	9,02
17	C	16,75	M	A	35	35,74	19,58	8,23
20	I	12,34	S	A	25	33,4	26,52	17,21
21	I	10,46	S	A	15	10,76	17,77	18,78
29	C	14,56	M	A	40	13,18	4,79	8,9
36	C	16,16	M	A	30	17,25	10,01	10,01
38	C	11,81	S	A	30	19,4	1,8	3,92
39	I	8,11	S	A	30	15,93	6,93	7,71
41	I	5,16	S	A	30	24,71	6,65	5,64
46	C	11,01	S	A	35	15,33	11,9	20,82
47	C	19,88	M	A	35	14,61	15,37	10,07
49	I	5,43	S	A	30	16,6	12,65	13,2
51	C	14,22	M	A	25	18,44	12,38	8,09
56	I	9,39	S	A	25	3,35	9,25	7,12
57	I	4,79	S	A	20	12,49	16,56	9,31
58	C	19,12	M	A	40	9,93	17,53	17,33
62	C	7,42	S	A	30	3,7	4,85	8,97
70	I	7,7	S	A	25	10,3	3,36	2,7
100	C	8,06	S	A	30	8,65	5,	4,38
102	C	17,02	M	A	20	29,55	16,53	15,02
105	I	8,47	S	A	30	7,74	2,11	2,82
107	I	16,44	M	A	35	20,56	20,15	19,86
109	C	5,95	S	A	20	10,31	11,65	14,66
110	C	23,76	M	A	25	43,04	38,23	27,92
111	I	12,18	S	A	30	27,92	8,37	9,53
112	C	8,14	S	A	30	10,95	3,23	3,23
113	C	6,74	S	A	35	13,01	6,61	7,54
115	I	9,1	S	A	30	8,59	10,09	5,10
119	I	8,7	S	A	20	8,76	9,36	14,88
Média	15 I 15 C	10,85	21 S 9 M		28,5	17,42	12,05	10,87
22	I	19,19	M	P	25	14,54	31,03	42,65
24	C	16,25	M	P	30	27,68	26,76	27,22
25	C	17,87	M	P	15	3,38	5,17	2,34
30	I	8,94	S	P	20	14,78	17,82	15,31
33	C	13,92	M	P	25	18,27	12,05	17,4
40	C	9,57	S	P	20	33,48	30,34	30,04
45	I	22,85	M	P	25	20,7	14,57	19,48
54	C	37,21	M	P	35	19,42	21,52	24,7
61	C	17,37	M	P	40	40,44	29,18	29,07
103	C	24,39	M	P	20	35,73	17,88	13,02
104	I	16,84	M	P	25	24,91	26,48	10,02
106	C	14,27	M	P	25	5,58	8,01	14,06
108	I	4,74	S	P	25	9,06	24,28	20,26
114	C	17,7	M	P	25	9,85	7,91	17,61
116	I	19,09	M	P	25	22,23	6,47	5,10
117	I	10,84	S	P	25	24,87	14,35	20,36
118	I	19,03	M	P	35	22,26	10,93	10,19
120	C	20,19	M	P	35	23,52	11,64	14,38
Média	8 I 10 C	17,24	4 S 14 M		26,39	20,59	17,58	18,51

Apêndice 2

DADOS ESTATÍSTICOS NÃO DESCRITOS NO CAPÍTULO 5

Tabela 12 – Teste de Normalidade de Kolmogorov-Smirnov - C.V.(%) segundo Grupos x Tipos de Dentes.

<i>Grupos x Tipo de Dente</i>			
	Statistic	df	Valor
Inicial Incisivo	0,120869925	23	0,2000
Inicial Canino	0,172998379	25	0,0519
Trat. I Incisivo	0,105127294	23	0,2000
Trat. I Canino	0,168154761	25	0,0663
Trat. II Incisivo	0,155655614	23	0,1553
Trat. II Canino	0,135409906	25	0,2000

Tabela 13 – Teste de Homogeneidade de Variâncias de Levene.

<i>Levene Statistic</i>	<i>df1</i>	<i>df2</i>	<i>Valor p</i>
1,059858012	5	138	0,385421957

Tabela 14 – Médias e nível de significância das comparações entre tratamentos.

<i>Médias</i>	<i>18,61</i>	<i>14,13</i>	<i>13,73</i>
Tratamentos	<i>Controle</i>	<i>I</i>	<i>II</i>
<i>Controle</i>	---	0,0028 a	0,0011 a
<i>I</i>	0,0028 a	---	0,9521 b
<i>II</i>	0,0011 a	0,9521 b	---

Comparações Múltiplas de Tukey HSD

a - Diferenças estatisticamente significantes para nível de significância de 5% ($p < 0,05$).

b - Diferenças estatisticamente **não** significantes para nível de significância de 5% ($p > 0,05$).

Tabela 15 – Médias e nível de significância das comparações entre curvaturas radiculares.

<i>Médias</i>	<i>13,11</i>	<i>18,08</i>
Curvatura da Raiz	<i>Suave</i>	<i>Moderada</i>
<i>Suave</i>	---	0,0247 a
<i>Moderada</i>	0,0247 a	---

Comparações Múltiplas de Tukey HSD

a - Diferenças estatisticamente significantes para nível de significância de 5% ($p < 0,05$).

b - Diferenças estatisticamente **não** significantes para nível de significância de 5% ($p > 0,05$).

Tabela 16 – Médias e nível de significância das comparações entre tratamentos e curvaturas da raiz.

<i>Médias</i>	<i>16,10</i>	<i>11,75</i>	<i>11,46</i>	<i>21,34</i>	<i>16,70</i>	<i>16,20</i>
Tratamentos x Curvatura da Raiz	<i>cont x suave</i>	<i>I x suave</i>	<i>II x suave</i>	<i>cont x moderada</i>	<i>I x moderada</i>	<i>II x moderada</i>
<i>cont x suave</i>	---	0,0232 a	0,0206 a			
<i>I x suave</i>	0,0232 a	---	0,8762 b			
<i>II x suave</i>	0,0206 a	0,8762 b	---			
<i>cont x moderada</i>				---	0,0156 a	0,0103 a
<i>I x moderada</i>				0,0156 a	---	0,7910 b
<i>II x moderada</i>				0,0103 a	0,7910 b	---

Comparações Múltiplas de Tukey HSD

a - Diferenças estatisticamente significantes para nível de significância de 5% ($p < 0,05$).

b - Diferenças estatisticamente **não** significantes para nível de significância de 5% ($p > 0,05$).

Tabela 17 – Médias e nível de significância das comparações entre presença e ausência de curva apical do canal.

<i>Médias</i>	<i>18,89</i>	<i>13,45</i>
Curvatura Apical	<i>Presente</i>	<i>Ausente</i>
<i>Presente</i>		0,0168 a
<i>Ausente</i>	0,0168 a	

Comparações Múltiplas de Tukey HSD

a - Diferenças estatisticamente significantes para nível de significância de 5% ($p < 0,05$).

Tabela 18 – Médias e nível de significância das comparações entre tratamentos e presença e ausência de curva apical do canal.

<i>Médias</i>	20,59	17,58	18,51	17,42	12,06	10,87
Tratamentos x Curvatura Apical	<i>Cont x Presente</i>	<i>I x Presente</i>	<i>II x Presente</i>	<i>cont x Ausente</i>	<i>I x Ausente</i>	<i>II x Ausente</i>
<i>Cont x Presente</i>	---	0,1401 b	0,2791 b			
<i>I x Presente</i>	0,1401 b	---	0,6265 b			
<i>II x Presente</i>	0,2791 b	0,6265 b	---			
<i>Cont x Ausente</i>				---	0,0063 a	0,0014 a
<i>I x Ausente</i>				0,0063 a	---	0,5359 b
<i>II x Ausente</i>				0,0014 a	0,5359 b	---

Comparações Múltiplas de Tukey HSD

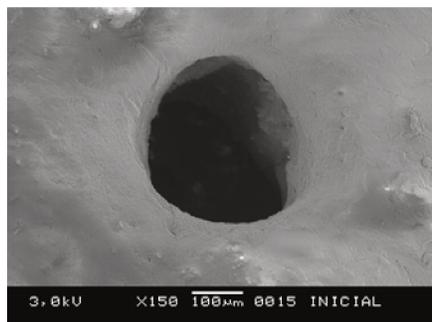
a - Diferenças estatisticamente significantes para nível de significância de 5% ($p < 0,05$).

b - Diferenças estatisticamente **não** significantes para nível de significância de 5% ($p > 0,05$).

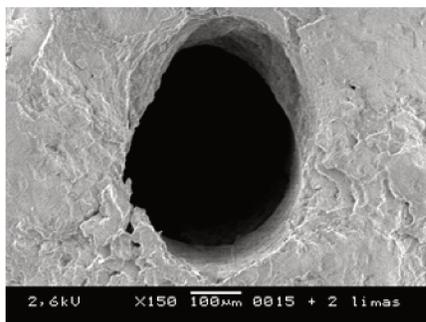
Apêndice 3

**FOTOMICROGRAFIAS DOS FORAMES ANALISADOS E SEUS CVs:
FORAME ORIGINAL (CVi), APÓS O TRATAMENTO I (CV3) e APÓS O
TRATAMENTO II (CV5).**

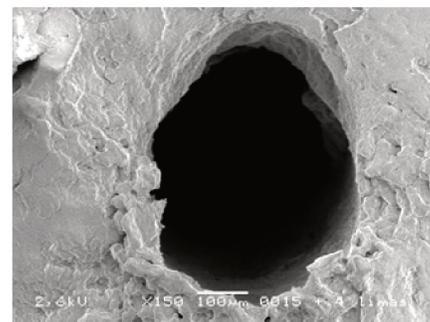
DENTE 15



CVi = 8,58

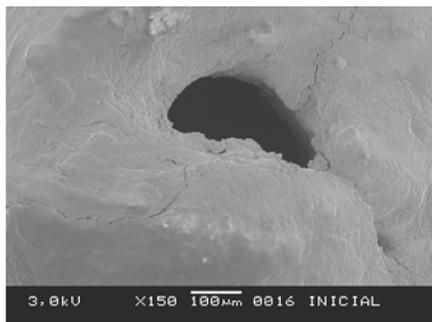


CV3 = 17,24

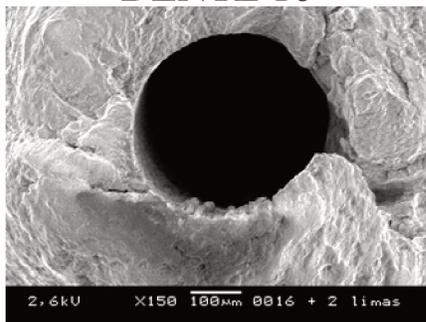


CV5 = 14,00

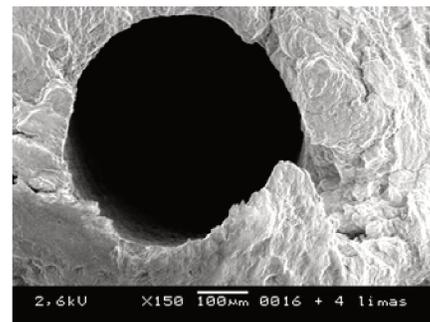
DENTE 16



CVi = 49,82

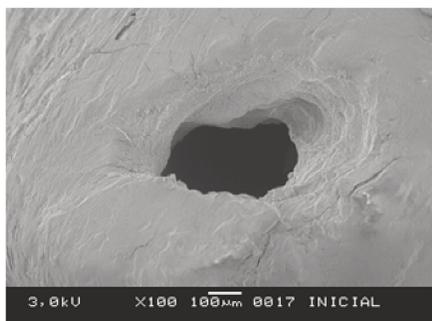


CV3 = 15,17



CV5 = 9,02

DENTE 17



CVi = 35,74

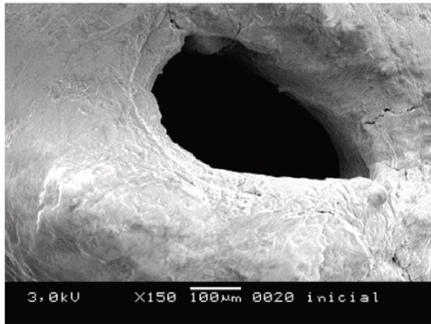


CV3 = 19,58

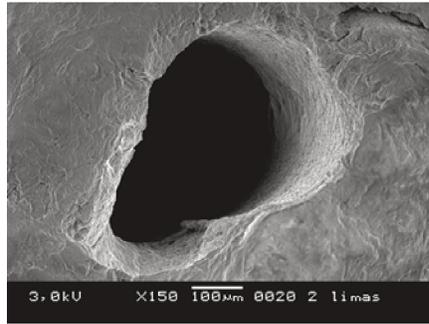


CV5 = 8,23

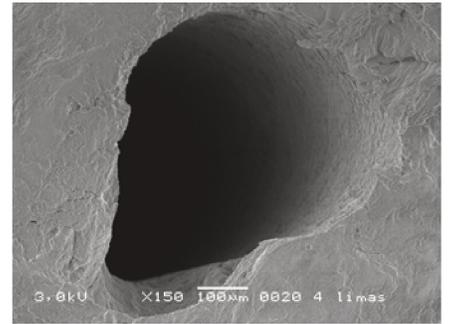
DENTE 20



CVi = 33,40

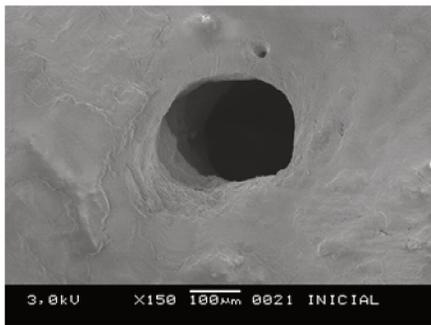


CV3 = 26,52

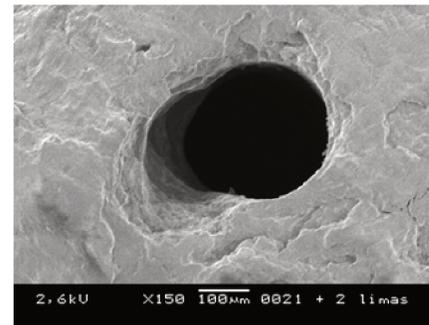


CV5 = 17,21

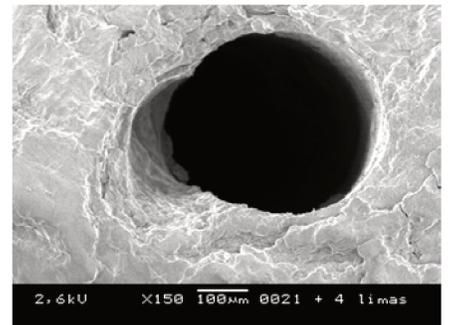
DENTE 21



CVi = 10,76

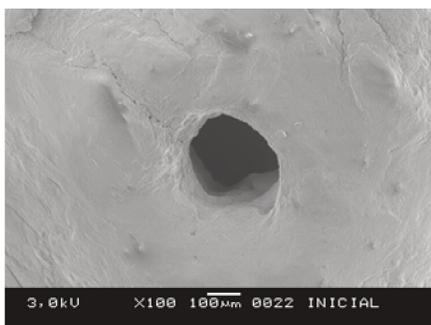


CV3 = 17,77

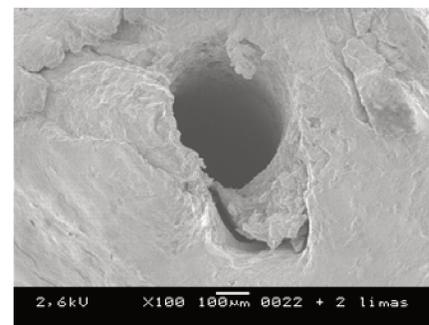


CV5 = 18,78

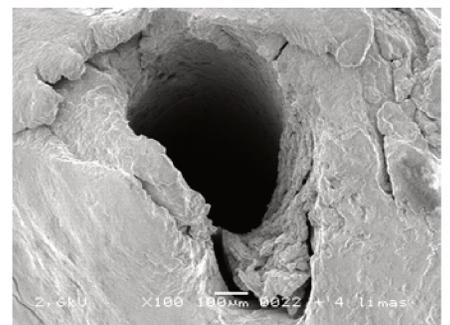
DENTE 22



CVi = 14,54

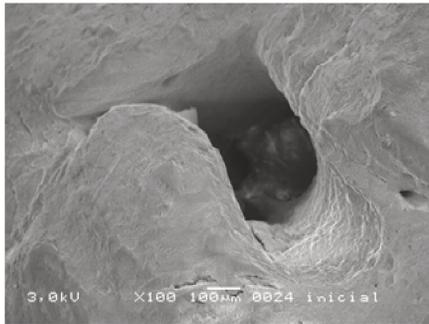


CV3 = 31,03

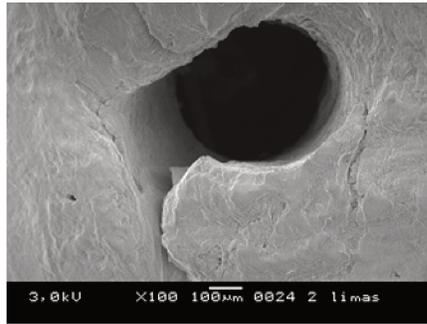


CV5 = 42,65

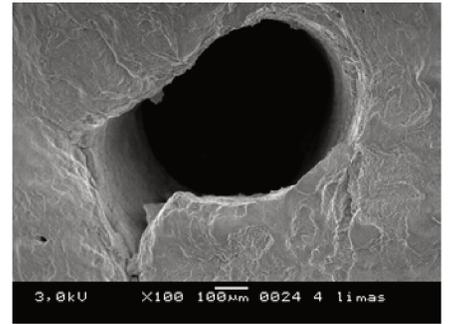
DENTE 24



CVi = 27,68

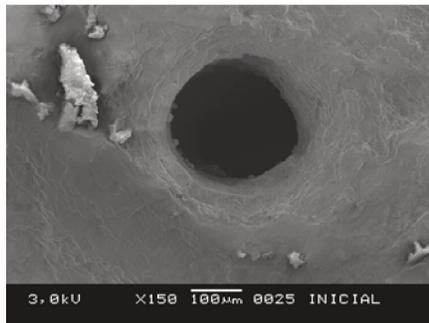


CV3 = 26,76

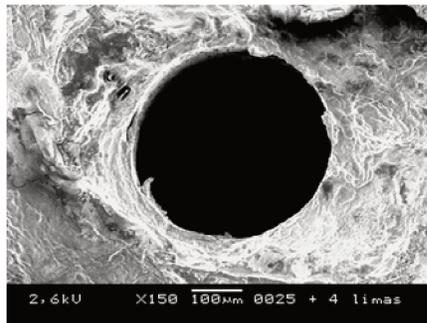


CV5 = 27,22

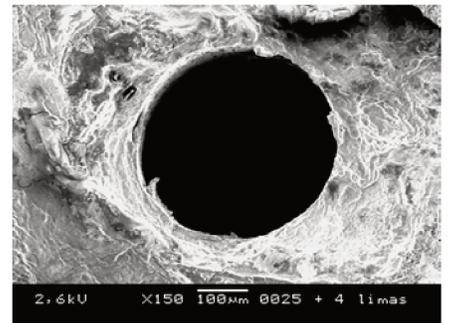
DENTE 25



CVi = 3,38

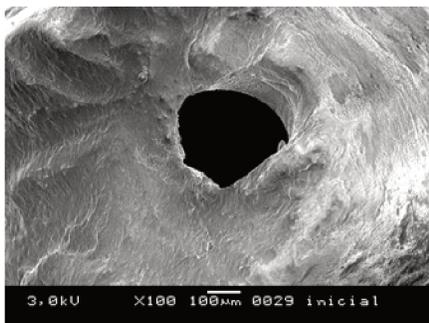


CV3 = 5,17

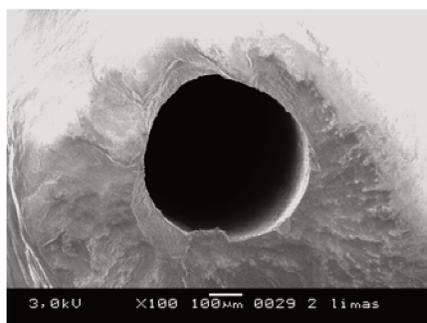


CV5 = 2,34

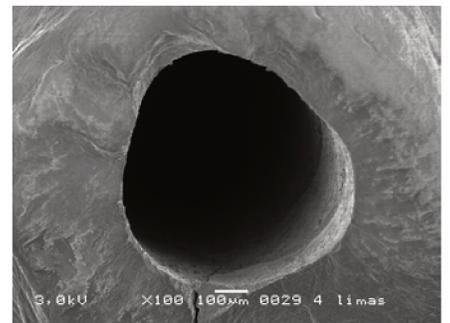
DENTE 29



CVi = 13,18

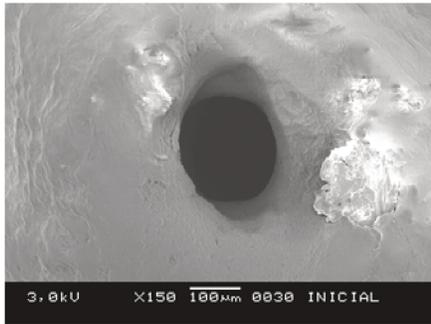


CV3 = 4,79

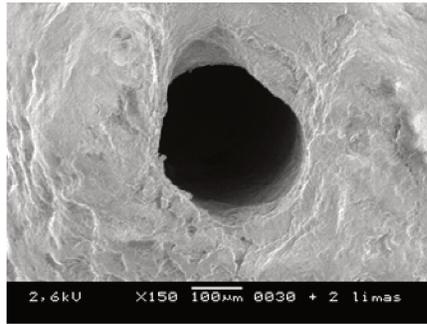


CV5 = 8,90

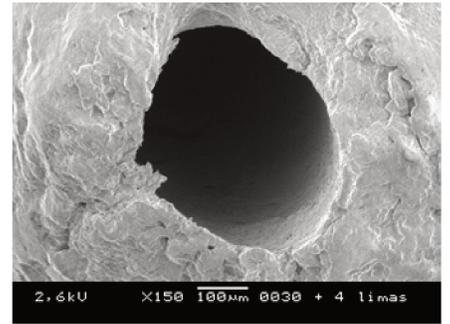
DENTE 30



CVi = 14,78

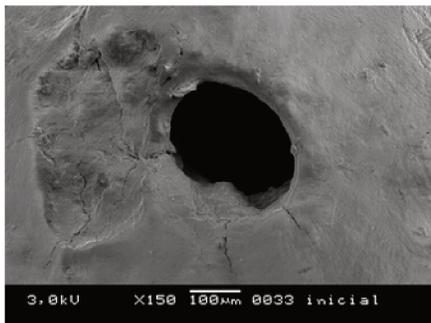


CV3 = 17,82

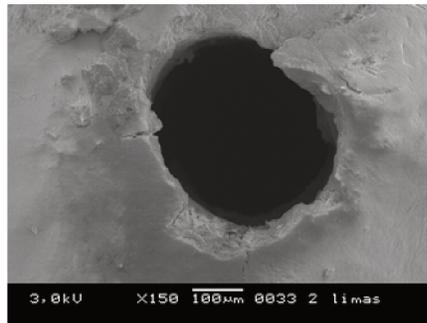


CV5 = 15,31

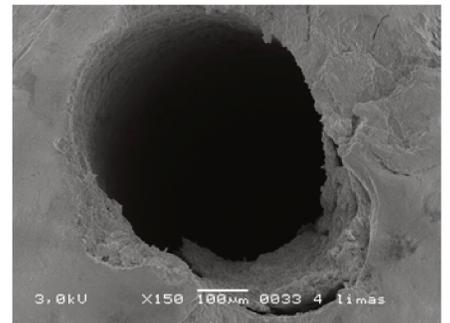
DENTE 33



CVi = 18,27

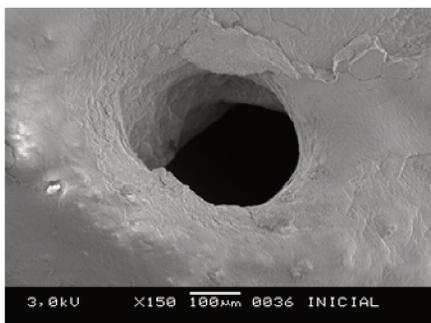


CV3 = 12,05

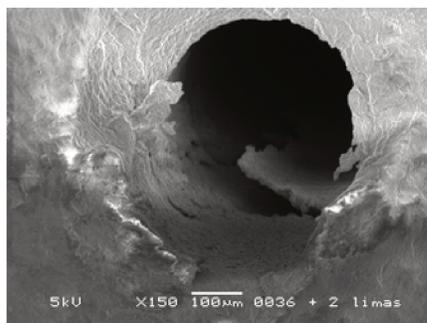


CV5 = 17,4

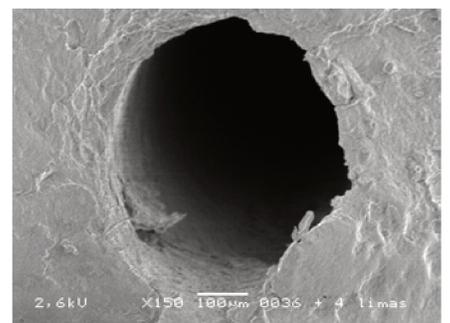
DENTE 36



CVi = 17,25

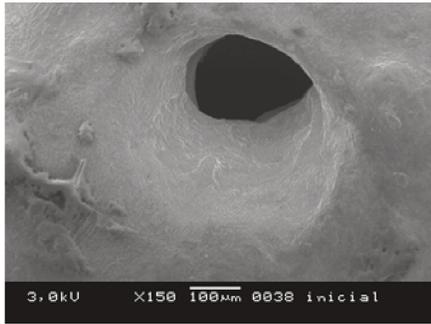


CV3 = 10,01

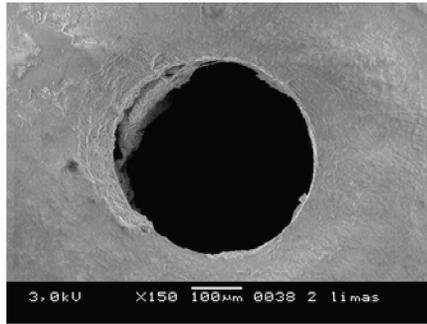


CV5 = 10,01

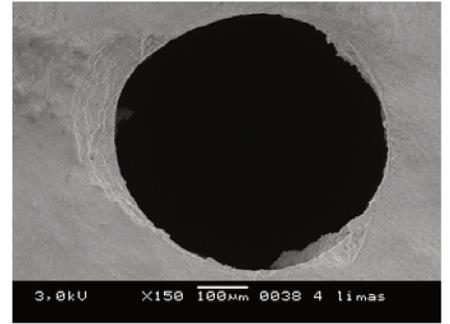
DENTE 38



CVi = 19,40

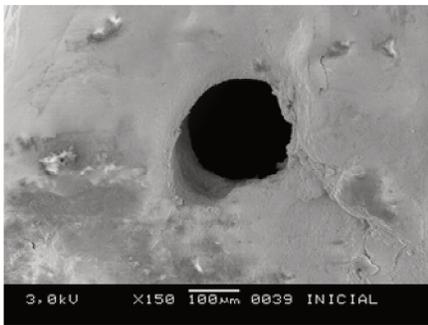


CV3 = 1,80

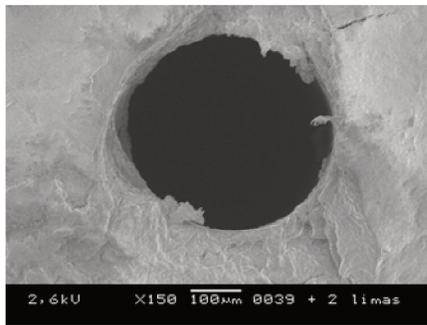


CV5 = 3,92

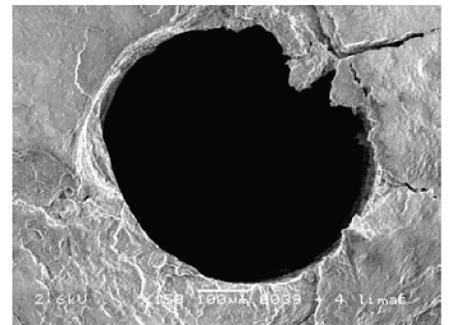
DENTE 39



CVi = 15,93

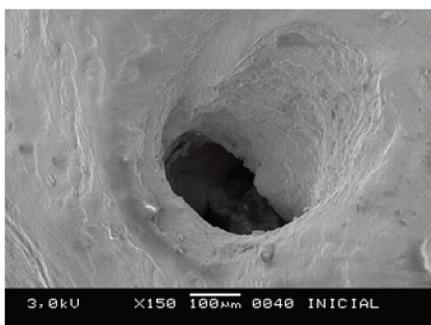


CV3 = 6,93

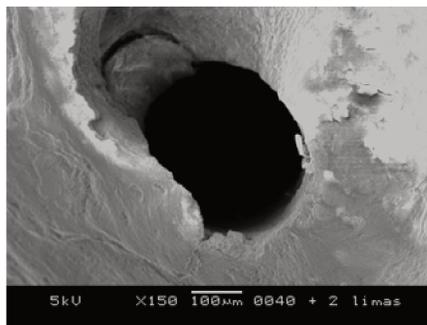


CV5 = 7,71

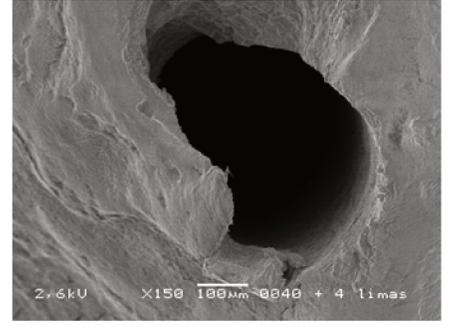
DENTE 40



CVi = 33,48



CV3 = 30,34

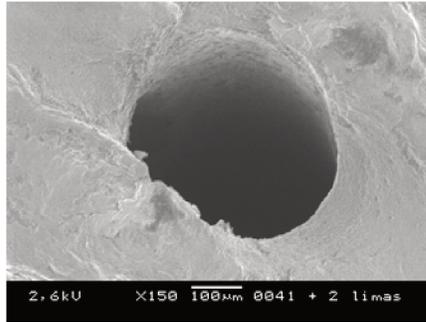


CV5 = 30,04

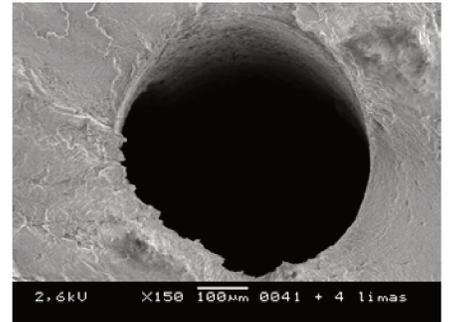
DENTE 41



CVi = 24,71

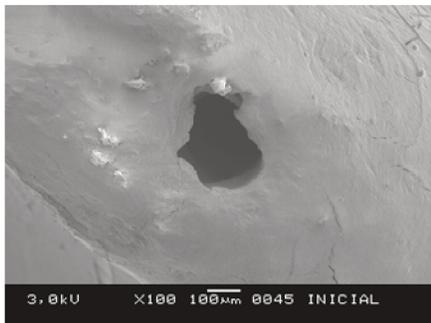


CV3 = 6,65

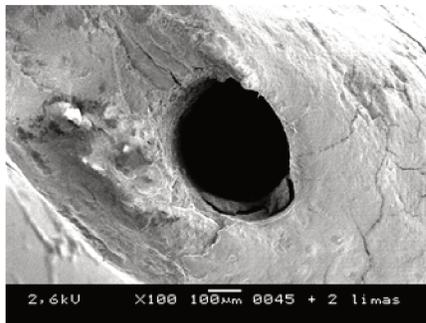


CV5 = 5,64

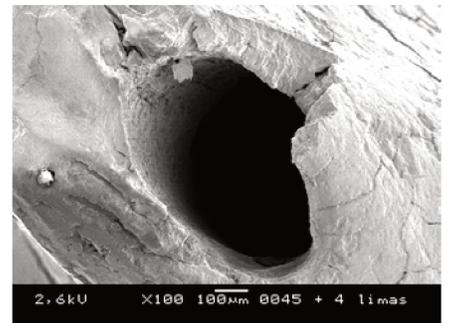
DENTE 45



CVi = 20,70

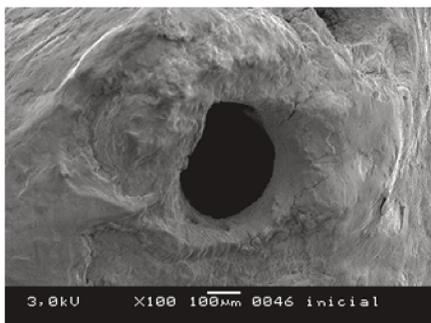


CV3 = 14,57

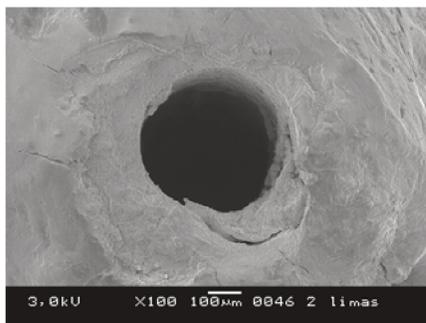


CV5 = 19,48

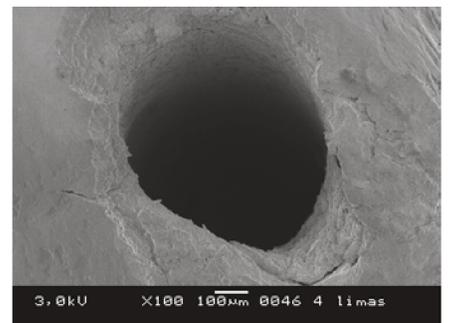
DENTE 46



CVi = 15,33

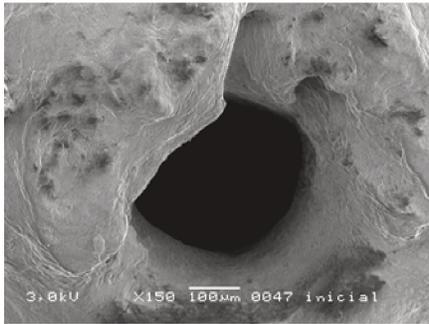


CV3 = 11,90

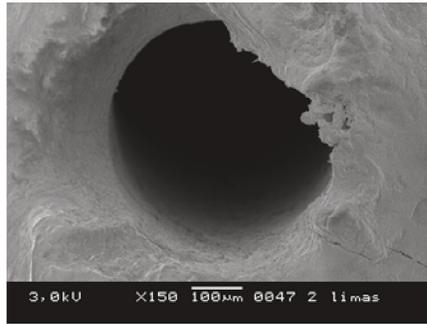


CV5 = 20,82

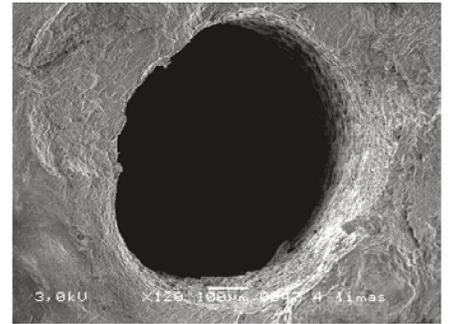
DENTE 47



CVi = 14,61

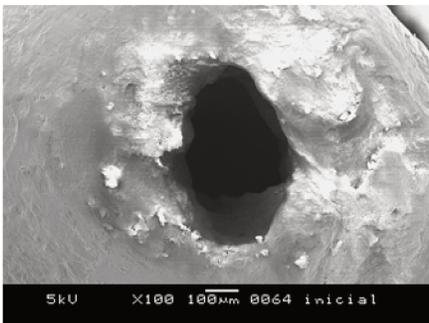


CV3 = 15,37

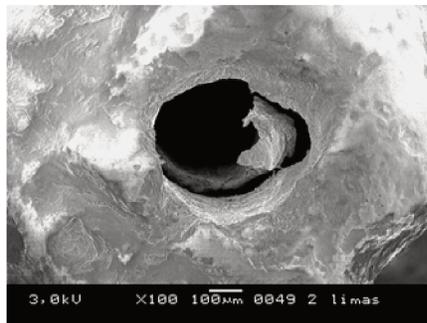


CV5 = 10,07

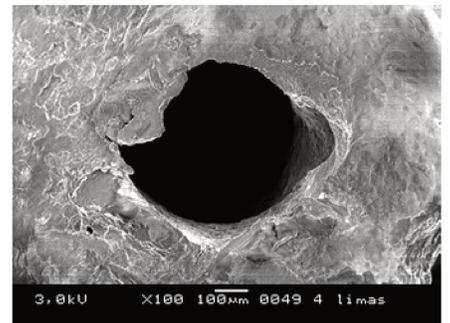
DENTE 49



CVi = 16,60

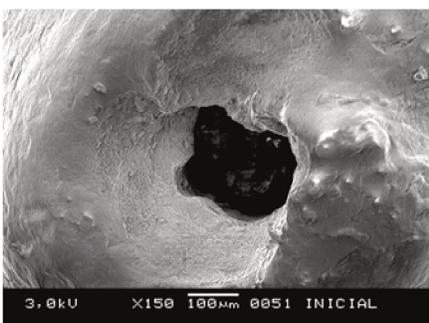


CV3 = 12,65

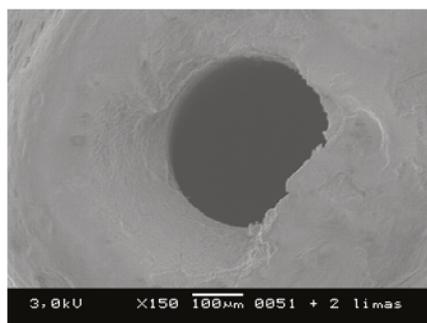


CV5 = 13,20

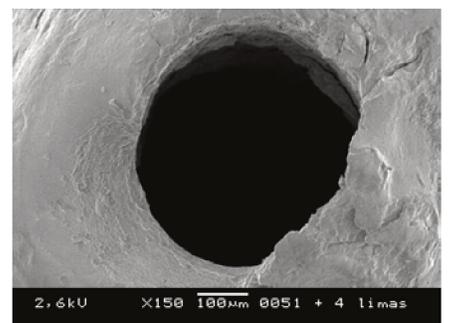
DENTE 51



CVi = 18,44

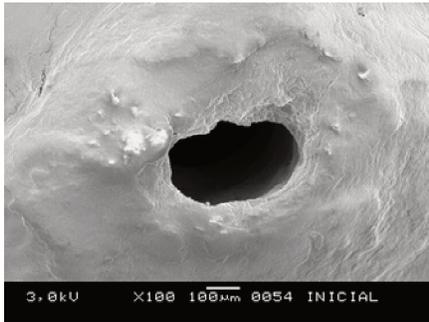


CV3 = 12,38

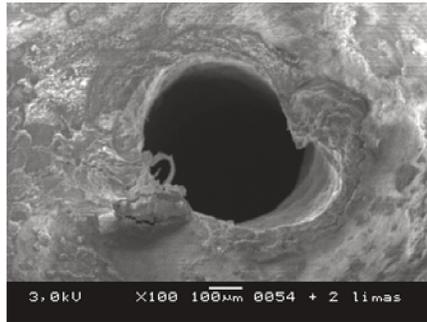


CV5 = 8,09

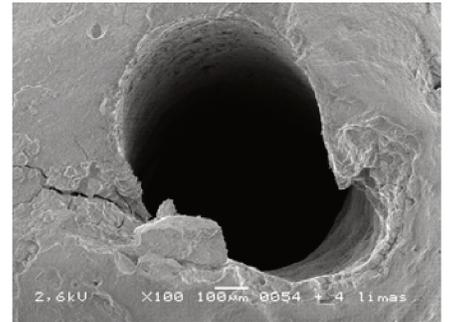
DENTE 54



CVi = 19,42

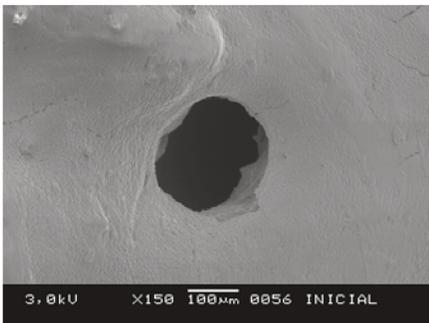


CV3 = 21,52

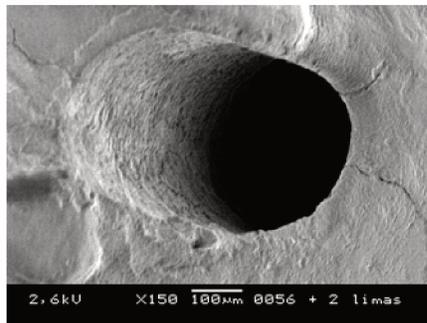


CV5 = 24,7

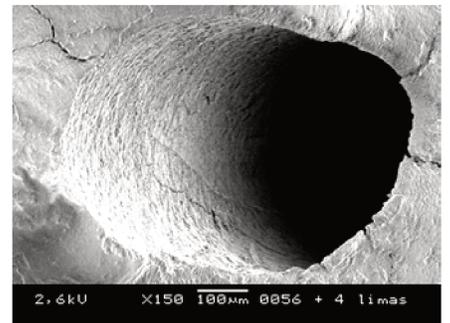
DENTE 56



CVi = 3,35

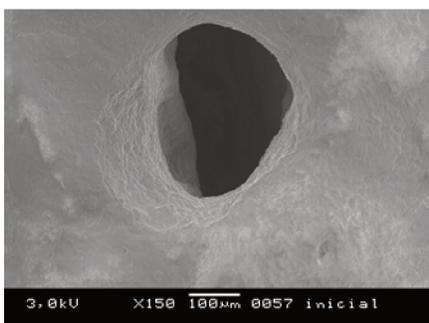


CV3 = 9,25

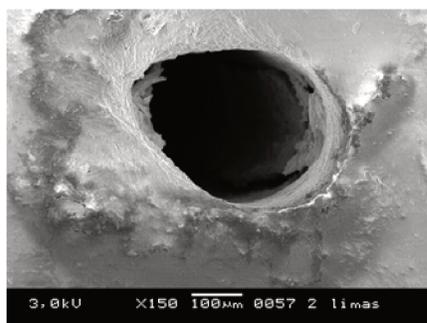


CV5 = 7,12

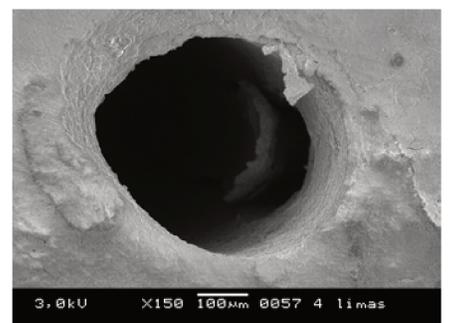
DENTE 57



CVi = 12,49

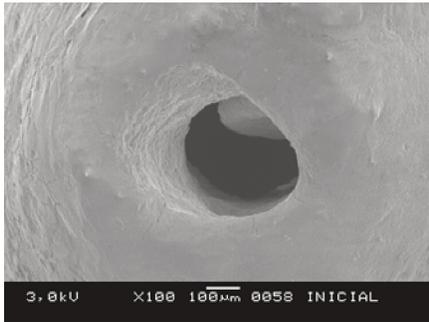


CV3 = 16,56

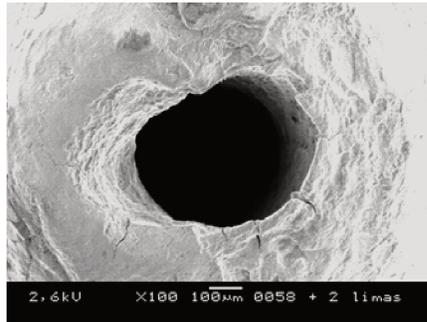


CV5 = 9,31

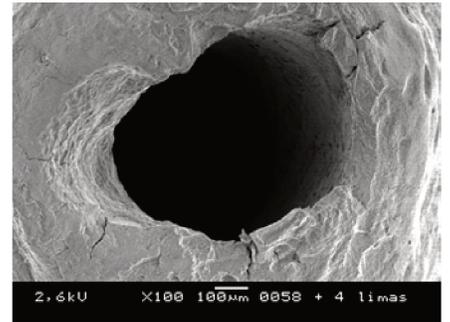
DENTE 58



CVi = 9,93

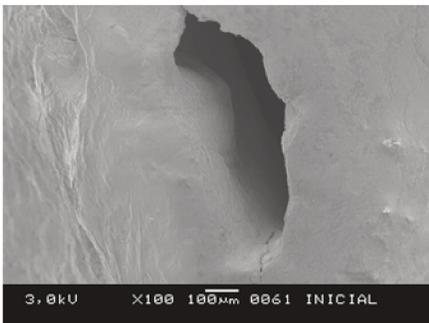


CV3 = 17,53

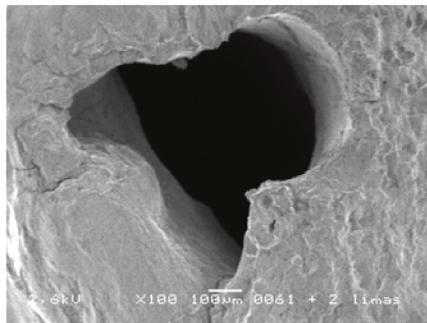


CV5 = 17,33

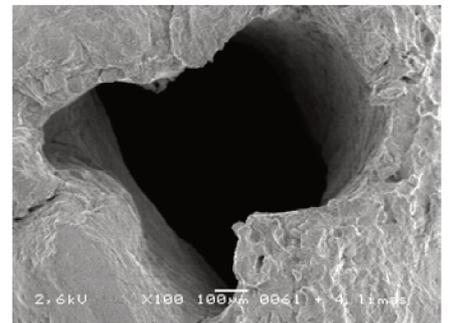
DENTE 61



CVi = 40,44



CV3 = 29,18

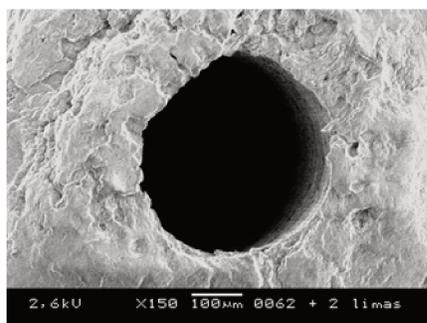


CV5 = 29,07

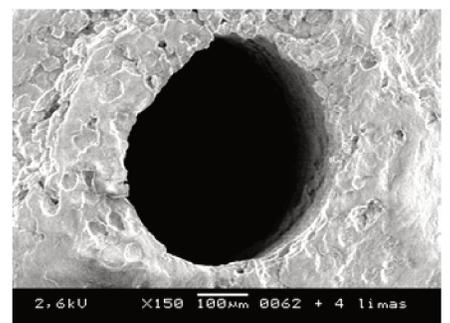
DENTE 62



CVi = 3,70

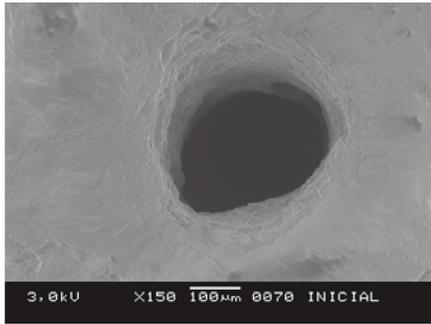


CV3 = 4,85

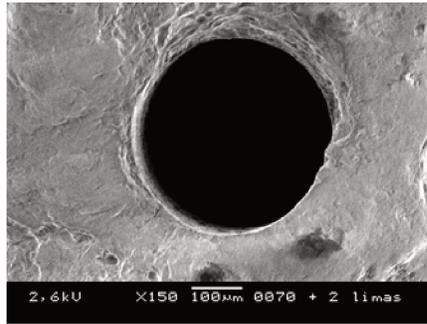


CV5 = 8,97

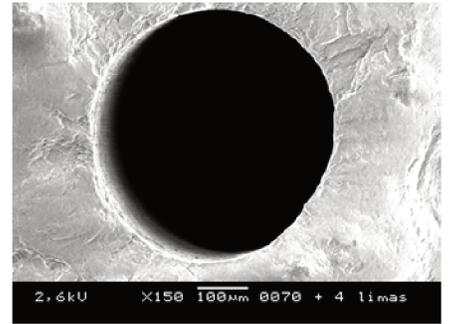
DENTE 70



CVi = 10,30

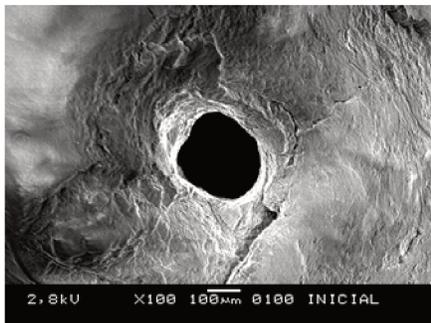


CV3 = 3,36

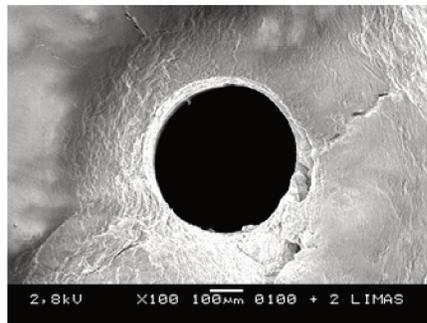


CV5 = 2,70

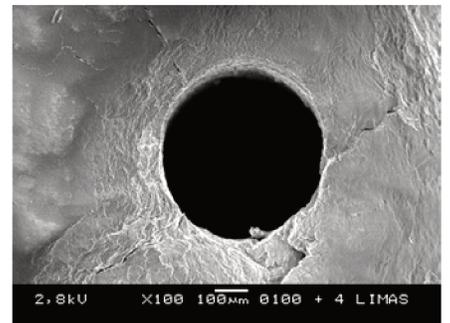
DENTE 100



CVi = 8,65

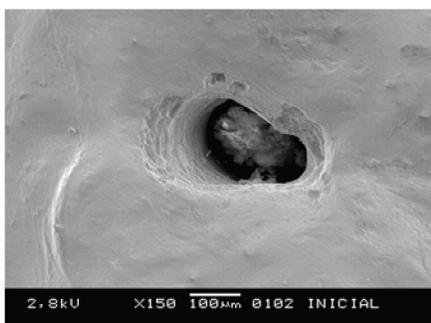


CV3 = 5,00

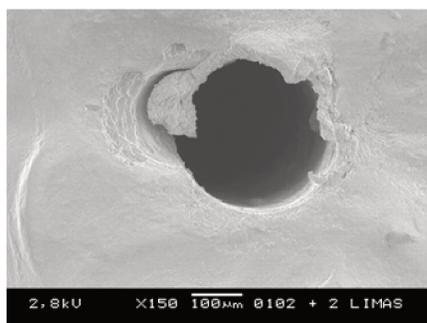


CV5 = 4,38

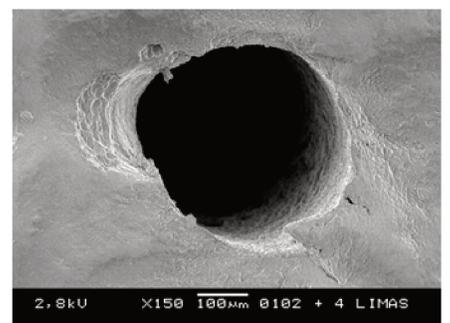
DENTE 102



CVi = 29,55

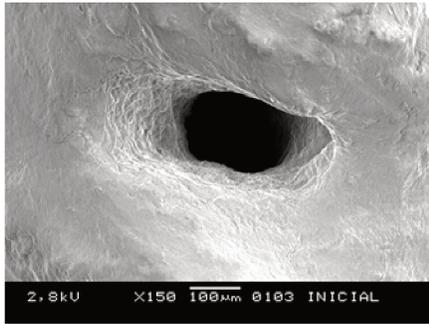


CV3 = 16,53

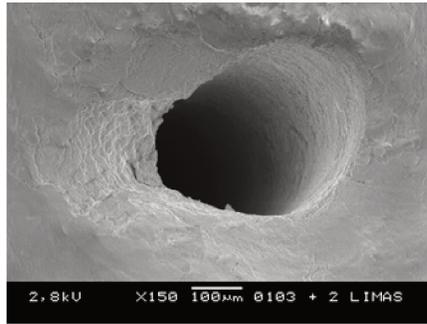


CV5 = 15,02

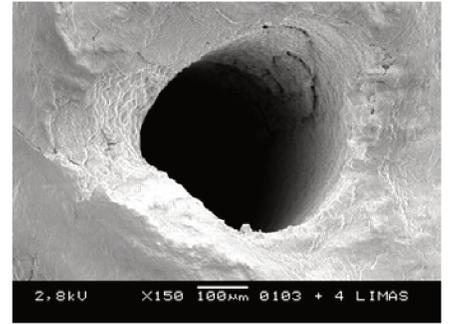
DENTE 103



CVi = 35,73

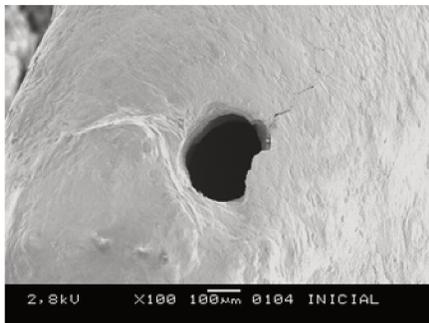


CV3 = 17,88

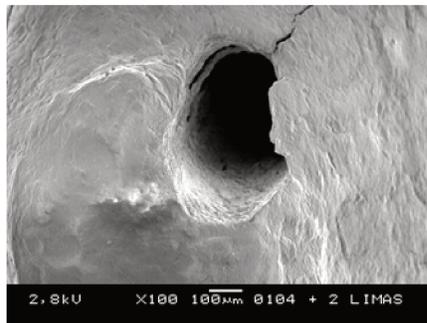


CV5 = 13,02

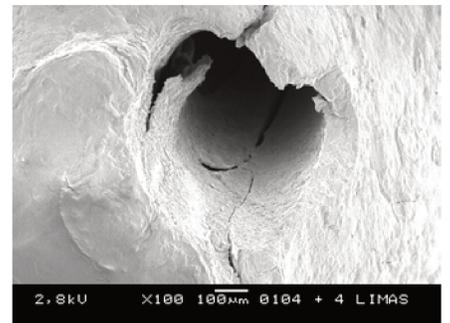
DENTE 104



CVi = 24,91

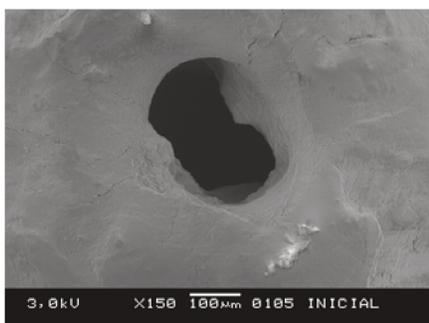


CV3 = 26,48

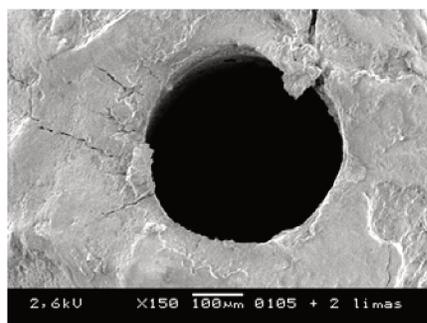


CV5 = 10,02

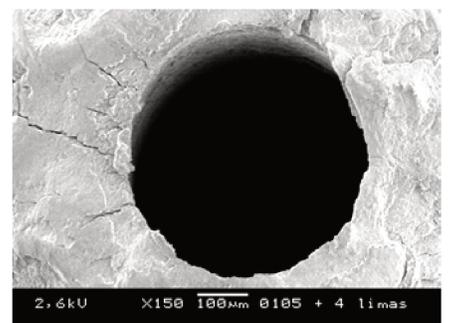
DENTE 105



CVi = 7,74

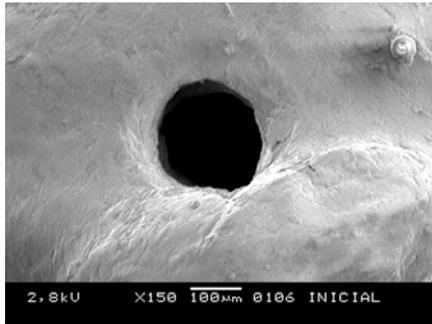


CV3 = 2,11

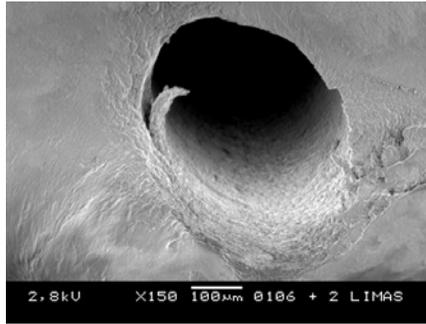


CV5 = 2,82

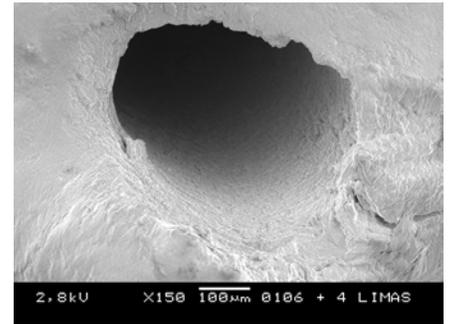
DENTE 106



CVi = 5,58

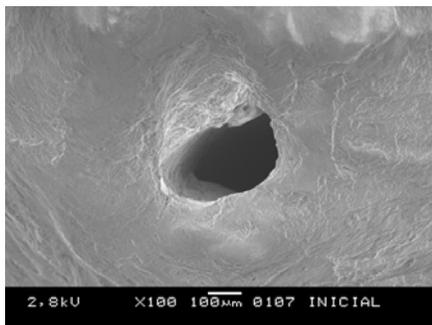


CV3 = 8,01

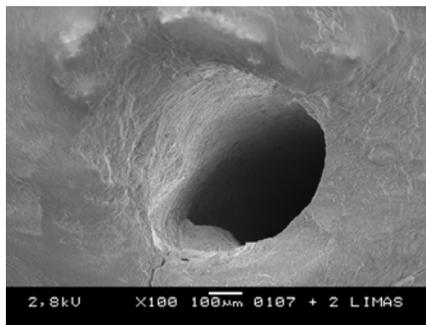


CV5 = 14,06

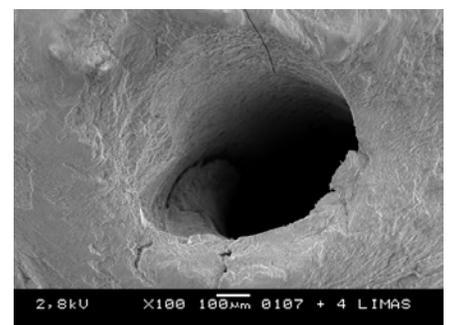
DENTE 107



CVi = 20,56

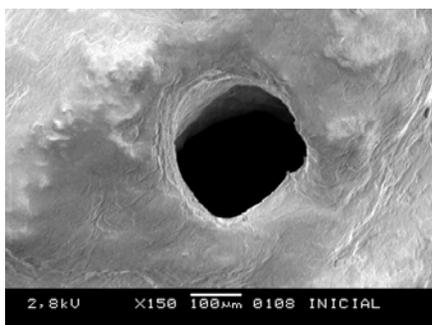


CV3 = 20,15

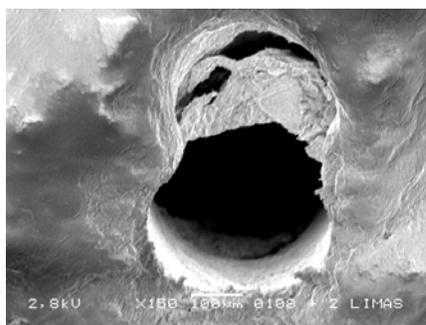


CV5 = 19,86

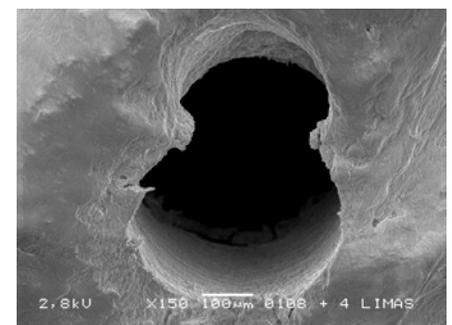
DENTE 108



CVi = 9,06

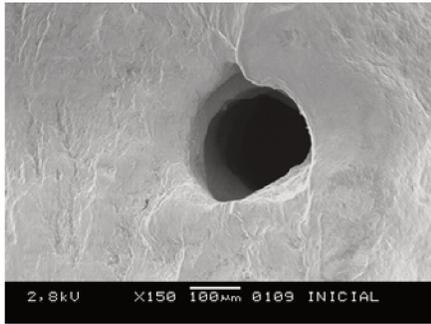


CV3 = 24,28

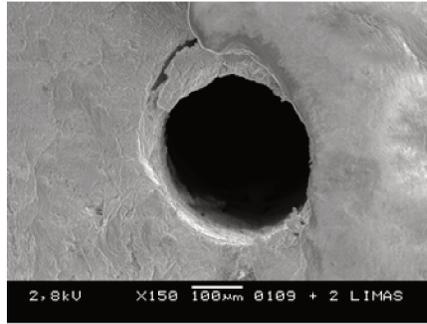


CV5 = 20,26

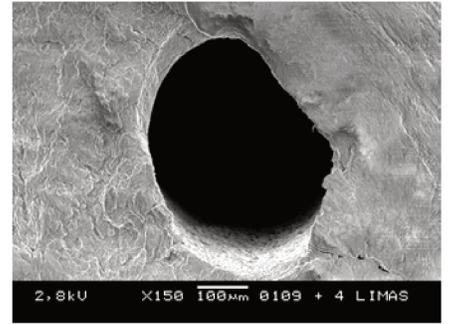
DENTE 109



CVi = 10,31

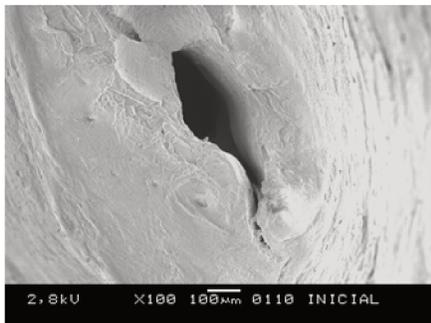


CV3 = 11,65

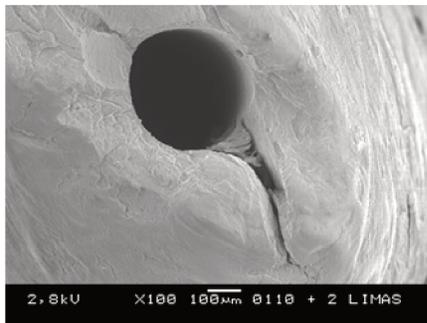


CV5 = 14,66

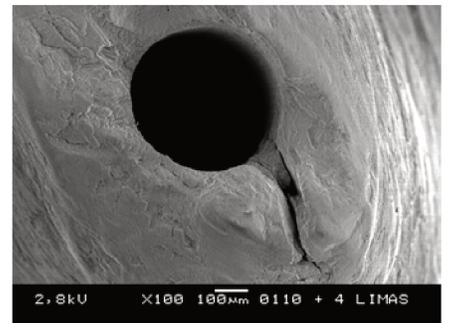
DENTE 110



CVi = 43,04



CV3 = 38,23

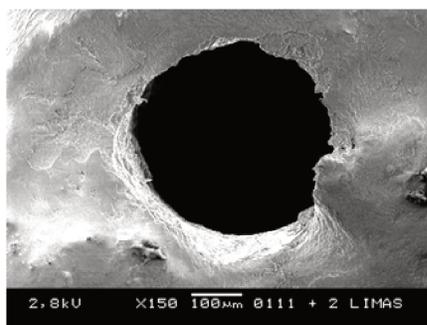


CV5 = 27,92

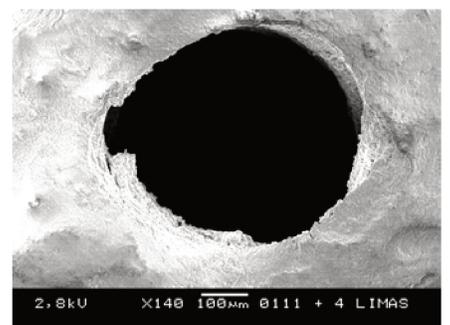
DENTE 111



CVi = 27,92

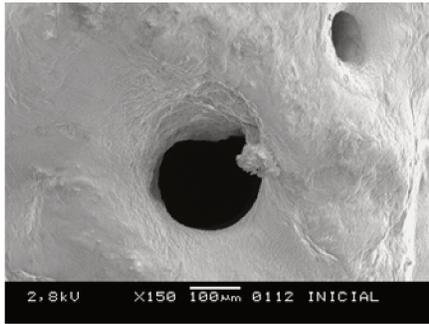


CV3 = 8,37

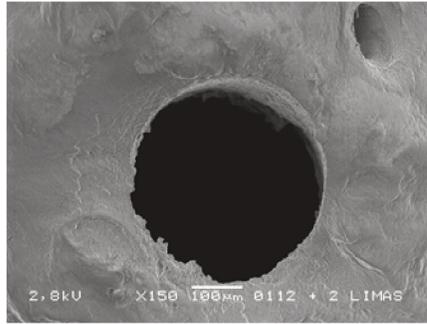


CV5 = 9,53

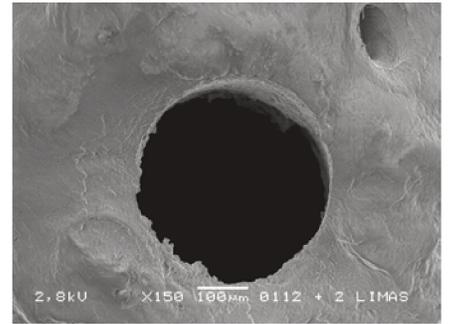
DENTE 112



CVi = 10,95

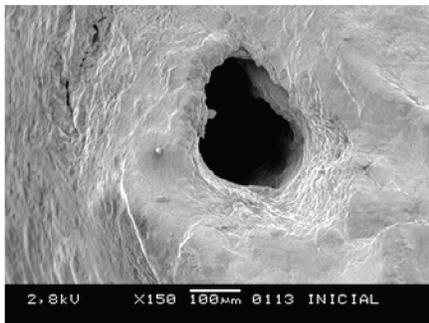


CV3 = 3,23

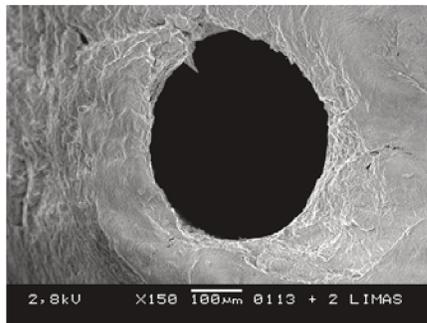


CV5 = 3,23

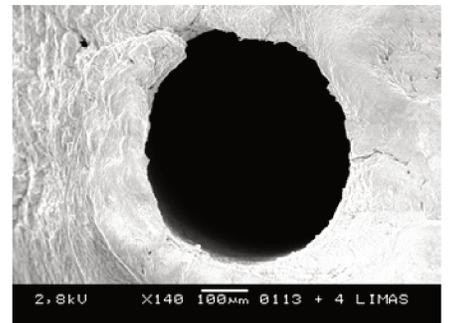
DENTE 113



CVi = 13,01

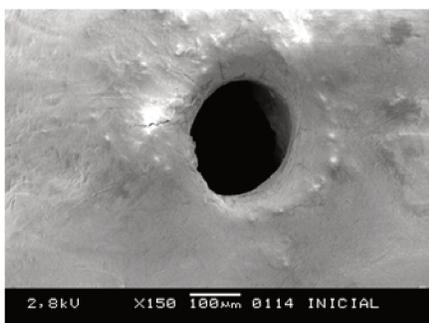


CV3 = 6,61

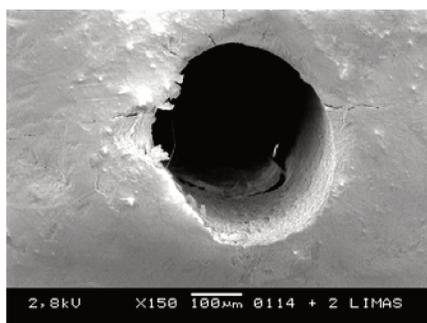


CV5 = 7,54

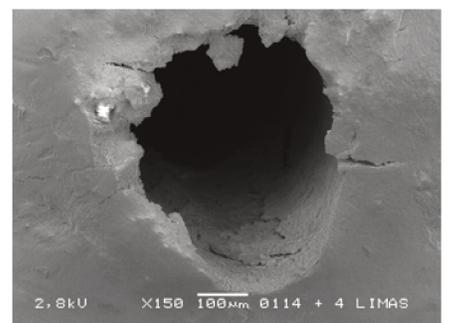
DENTE 114



CVi = 9,85

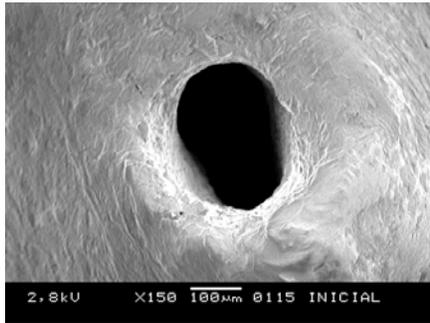


CV3 = 7,91

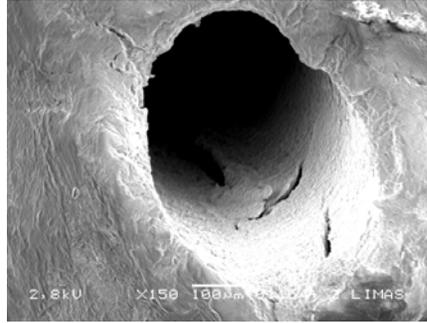


CV5 = 17,61

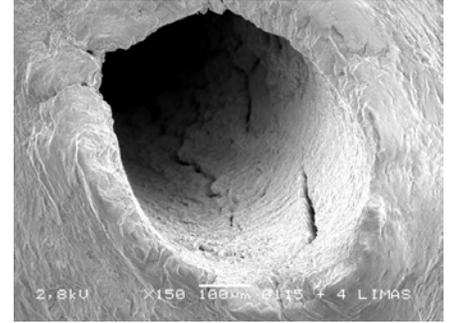
DENTE 115



CVi = 8,59

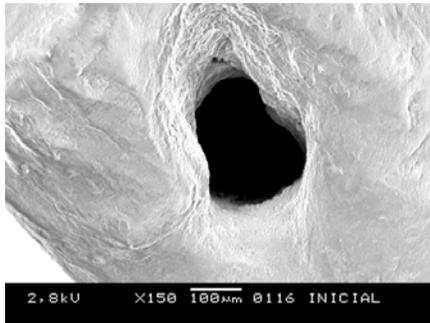


CV3 = 10,09

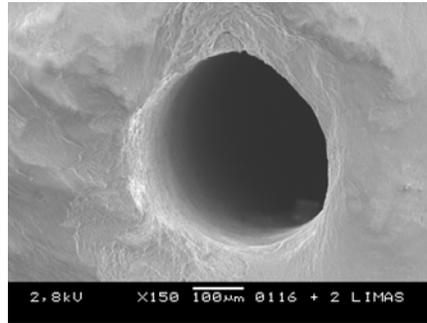


CV5 = 5,10

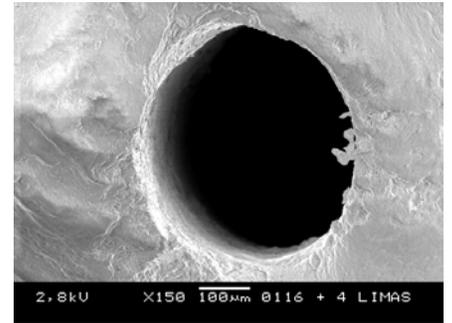
DENTE 116



CVi = 22,23

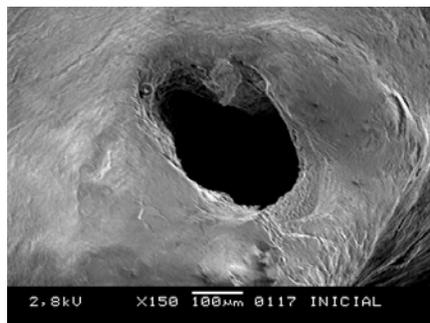


CV3 = 15,76

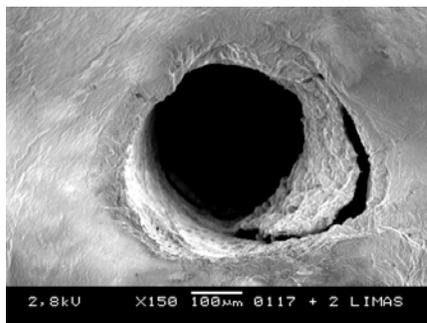


CV5 = 5,10

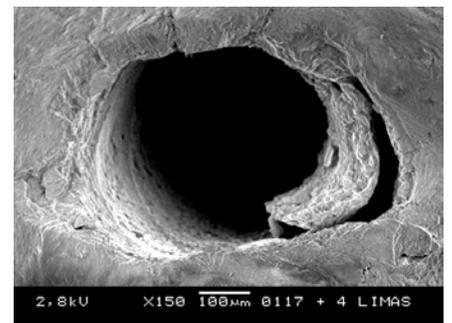
DENTE 117



CVi = 24,87

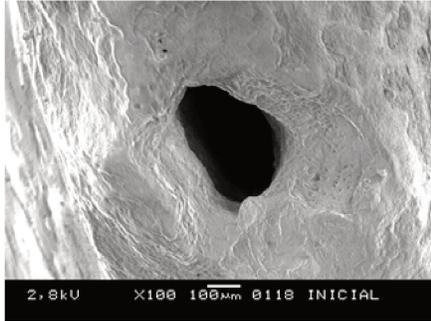


CV3 = 14,35

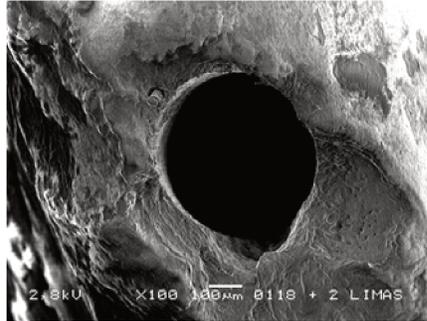


CV5 = 20,36

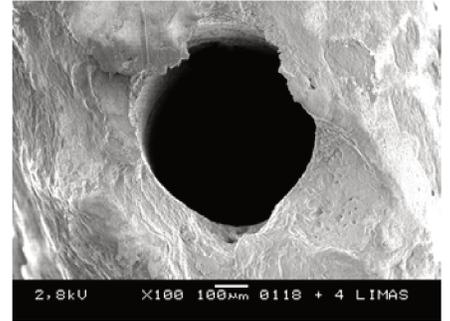
DENTE 118



CVi = 22,26

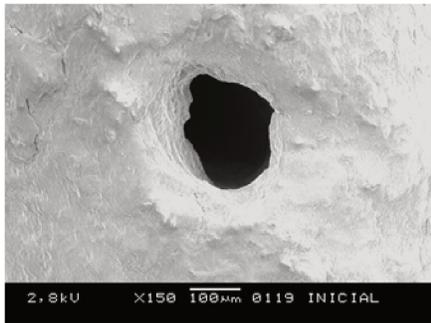


CV3 = 10,93

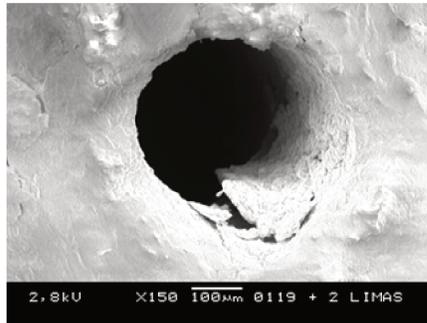


CV5 = 10,19

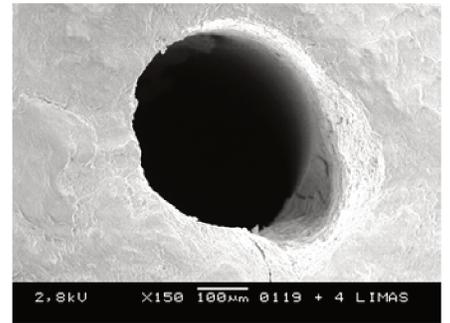
DENTE 119



CVi = 8,76

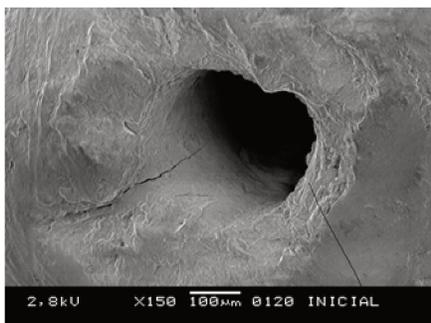


CV3 = 9,36

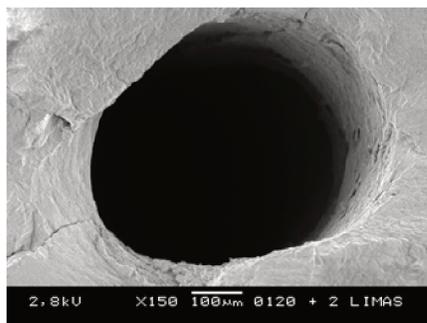


CV5 = 14,88

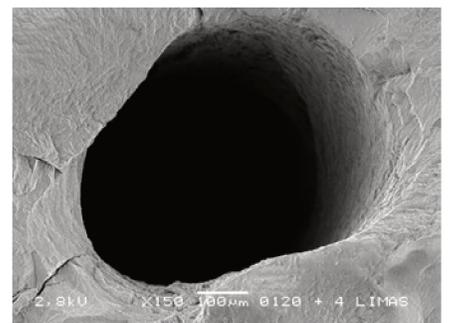
DENTE 120



CVi = 23,52



CV3 = 11,64



CV5 = 14,38

Apêndice 4

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO NO COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA DA FOP/ UNICAMP.

	COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA FACULDADE DE ODONTOLOGIA DE PIRACICABA UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS	
CERTIFICADO		
<p>O Comitê de Ética em Pesquisa da FOP-UNICAMP certifica que o projeto de pesquisa "Avaliação do diâmetro inicial e final do forame apical, após a instrumentação endodôntica com patência apical: análise sob microscopia eletrônica de varredura", protocolo nº 166/2006, dos pesquisadores EGAS MONIZ DE ARAGAO e FRANCISCO JOSÉ DE SOUZA FILHO, satisfaz as exigências do Conselho Nacional de Saúde – Ministério da Saúde para as pesquisas em seres humanos e foi aprovado por este comitê em 30/11/2006.</p>		
<p>The Ethics Committee in Research of the School of Dentistry of Piracicaba - State University of Campinas, certify that the project "Initial and final foraminal diameter evaluation after root canal instrumentation with apical patency: a scanning electron microscopic study", register number 166/2006, of EGAS MONIZ DE ARAGAO and FRANCISCO JOSÉ DE SOUZA FILHO, comply with the recommendations of the National Health Council – Ministry of Health of Brazil for research in human subjects and therefore was approved by this committee at 30/11/2006.</p>		
 Prof. Cecilia Gatti Guirado Secretária CEP/FOP/UNICAMP		 Prof. Jacks Jorge Júnior Coordenador CEP/FOP/UNICAMP
<p><small>Nota: O título do protocolo aparece como fornecido pelos pesquisadores, sem qualquer edição. Notice: The title of the project appears as provided by the authors, without editing.</small></p>		