

Universidade Federal de Santa Catarina
Centro de Ciências da Saúde
Curso de Pós-Graduação em Odontologia
Nível Mestrado - Opção Endodontia

**AVALIAÇÃO DA CAPACIDADE DO APARELHO TRI AUTO ZX
EM DETERMINAR O COMPRIMENTO DOS DENTES E DE
MANTER O COMPRIMENTO DE TRABALHO DE MODELAGEM.**

Autor: Braulio Pasternak Júnior

Orientador: Prof. José Nazareno Gil

Co-Orientador: Prof. Wilson Tadeu Felipe

Florianópolis

1999

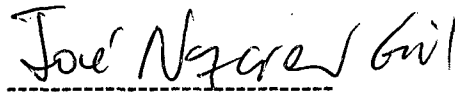
Universidade Federal de Santa Catarina
Centro de Ciências da Saúde
Curso de Pós-Graduação em Odontologia
Nível Mestrado - Opção Endodontia

**A dissertação AVALIAÇÃO DA CAPACIDADE DO APARELHO TRI
AUTO ZX EM DETERMINAR O COMPRIMENTO DOS DENTES E DE
MANTER O COMPRIMENTO DE TRABALHO DE MODELAGEM**

elaborada por: **Braulio Pasternak Júnior**

e aprovada por todos membros da Banca Examinadora foi julgada adequada para
obtenção do título de MESTRE EM ENDODONTIA.

BANCA EXAMINADORA



Prof. José Nazareno Gil



Prof. Gilson Blitzkow Sydney



Prof. Wilson Tadeu Felipe

Orientador: Prof. José Nazareno Gil

Coordenadora do Curso: Prof^ª. Isabel Cristina Santos Almeida

Florianópolis, 19 de novembro de 1999.

... não existem verdades definitivamente claras.

*O que hoje parece indiscutível,
novas descobertas do pensamento
poderão esclarecer ainda melhor.*

*Aos meus pais,
Braulio e Newilla.*

*Cultivaram em mim, quando criança,
todos os valores que me transformaram num adulto,
iluminando meu caminho com a luz mais brilhante que puderam encontrar.*

Obrigado.

À minha esposa Lilian,

Ainda que eu falasse as línguas dos homens e dos anjos, se não tiver amor, sou como o bronze que soa, ou como o címbalo que retine. Mesmo que eu tivesse o dom da profecia, e conhecesse todos os mistérios e toda a ciência; mesmo que tivesse toda a fé, a ponto de transportar montanhas, se não tiver amor, não sou nada. Ainda que distribuísse todos os meus bens em sustento dos pobres, e ainda que entregasse o meu corpo para ser queimado, se não tiver amor, de nada valeria.

1ª Carta de São Paulo aos Coríntios, 13, 1-17.

Aos Mestres

Prof. Adercio Miguel Domingues

Prof.^a. Eстера Muszkat Menezes

Prof. Ilson José Soares

Prof. José Nazareno Gil

Prof.^a. Maria Helena Pozzobon

Prof. Nelson Luíz da Silveira

Prof. Sérgio Fernando Torres de Freitas

Prof. Telmo Tavares

*Ensinar é recomeçar, cada dia. com o sorriso
da perseverança brilhando nos olhos.
E muita coragem, ternura e bondade no coração.
Quem ensina com ideais está motivado.
O ensinamento traz o novo, expulsa a monotonia
e tem sabor de eternidade.*

Agradecimentos Especiais

Prof. Wilson Tadeu Felipe

Prof.^a Mara Cristina Santos Felipe

*Quem com sua atitude espalha a satisfação de viver,
não é porque só têm alegrias; é porque não se deixa abater
pelas tristezas.*

*O valor da conquista, muitas vezes está mais na alegria de ter lutado,
que na glória do triunfo conquistado.*

*Acreditei em vocês porque acreditaram em mim, pois,
o peso da cruz de cada dia se torna mais leve e fácil de carregar,
quando sentimos que não estamos sozinhos.*

Homenagem

À Prof. Iara

*O sonho em vós se cristaliza e assume
o contorno sensível da existência.
Cada palavra e beijo que trocades,
dos deuses conterà a pura essência.*

*Aqui vos deixo. Aqui vossos amigos,
os da alegria ritos celebrando,
despedem-se de vós. Eia, a caminho,
tende por certo: Amar se aprende amando.*

Carlos Drummond de Andrade.

Aos Colegas

Prof^a. Ana Maria Hecke Alves

Prof. Amaro de Mendonça Cavalcante

Prof^a. Cleonice da Silveira Teixeira

Prof^a. Fernanda Medeiros Perin

Prof^a. Patrícia Vígano

Prof. Eduardo Antunes Bortoluzzi

Espinhos e flores estão quase sempre juntos.

Alegrias e dores, na vida não se separam.

Os espinhos protegem e embelezam a flor.

As dores machucam, mas dão valor à vida.

Aos Funcionários

Sérgio Batista Andrade

Jaqueline C. A. Natividade

Marly Nunes

Márcio Tavares

Há sempre pessoas fazendo o que outras dizem não poder fazer.

Há sempre mãos rezando a prece do seu dever.

*Há sempre um punhado de gente cantando, servindo, bendizendo e
fazendo os outros sorrir.*

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	x
LISTA DE TABELAS.....	xi
LISTA DE QUADROS.....	xii
RESUMO.....	xiii
ABSTRACT.....	xiv
1 INTRODUÇÃO.....	1
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	6
2.1 Aparelhos Audiométricos.....	6
2.2 Evolução da Instrumentação Mecanizada.....	17
2.3 Tri Auto ZX.....	33
2.4 Pesquisas que Avaliaram o Tri Auto ZX.....	37
3 PROPOSIÇÃO.....	42
4 MATERIAL E MÉTODOS.....	43
4.1 Determinação do Comprimento Real dos Dentes pelo Método Direto (CRD).....	43
4.2 Determinação do Comprimento dos Dentes pelo Método Eletrônico (CED).....	44
4.3 Preparo dos Canais e Determinação do Comprimento de Trabalho Eletrônico (CTE).....	45
5 RESULTADOS.....	55
5.1 Relação entre o Comprimento Real dos Dentes (CRD) e o Comprimento Eletrônico do Dentes (CED).....	55
5.2 Relação entre o Comprimento Eletrônico dos Dentes (CED) e o Comprimento de Trabalho Eletrônico (CTE).....	56
6 DISCUSSÃO.....	67
6.1 Quanto à Metodologia.....	69
6.2 Quanto aos Resultados.....	73
7 CONCLUSÕES.....	77
8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	78

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1: Determinação do Comprimento Real do Dente (CRD).....47**
- Figura 2: Mensuração da lima com auxílio do paquímetro.....48**
- Figura 3: Dente fixado na tampa de um cilindro plástico opaco perfurado nas laterais.
Conjunto cilindro-dente embutido em recipiente retangular contendo esponja saturada em soro fisiológico.....49**
- Figura 4: Aparelho ajustado no modo EMR para determinação do Comprimento Eletrônico do Dente.....50**
- Figura 5: Determinação do Comprimento Eletrônico do Dente (CED).....51**
- Figura 6: Aparelho Tri Auto ZX.....52**
- Figura 7: Aparelho ajustado no modo de baixo torque com mecanismo de reversão apical no nível “0.5”.....53**
- Figura 8: Determinação do Comprimento de Trabalho Eletrônico (CTE).....54**

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1: Valores numéricos (mm) referentes à relação CRD X CED.....59**
- Tabela 2: Posição da ponta do instrumento em relação ao CRD no momento em que a indicação “Apex” é acesa no painel do aparelho.....60**
- Tabela 3: Valores numéricos (mm) referentes à relação CED X CTE (Grupo I: “0.5”).....61**
- Tabela 4: Posição da ponta do instrumento em relação ao CED no momento em que o aparelho reverteu a rotação no nível “0.5” - Grupo I.....61**
- Tabela 5: Valores numéricos (mm) referentes à relação CED X CTE (Grupo II: “1”).....62**
- Tabela 6: Posição da ponta do instrumento em relação ao CED no momento em que o aparelho reverteu a rotação no nível “1” - Grupo II.....62**
- Tabela 7: Valores numéricos (mm) referentes à relação CED X CTE (Grupo III: “1.5”).....63**
- Tabela 8: Posição da ponta do instrumento em relação ao CED no momento em que o aparelho reverteu a rotação no nível “1.5” - Grupo III.....63**
- Tabela 9: Valores numéricos (mm) referentes à relação CED X CTE (Grupo IV: “2”).....64**
- Tabela 10: Posição da ponta do instrumento em relação ao CED no momento em que o aparelho reverteu a rotação no nível “2” - Grupo IV.....64**

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Média, desvio padrão e mediana entre as mensurações do CRD e CED	
Teste “Z” ou da Distribuição Normal.....	65
Quadro 2: Média, desvio padrão, resultado do teste e significância para os níveis	
de reversão apical (CTE).....	66

RESUMO

PASTERNAK JÚNIOR, B. **Avaliação da capacidade do aparelho Tri Auto ZX em determinar o comprimento dos dentes e de manter o comprimento de trabalho de modelagem.** Florianópolis, 1999. 93 p. Dissertação (Mestrado em Odontologia - opção Endodontia. Universidade Federal de Santa Catarina.

Descritores: Localizador apical Root ZX; Instrumentação mecanizada.

O presente trabalho teve por objetivo avaliar “in vitro” a precisão e confiabilidade do aparelho Tri Auto ZX em mensurar e manter o comprimento de trabalho de modelagem durante o preparo dos canais radiculares. Em sessenta caninos extraídos de humanos, com canal único e raízes completamente formadas, foram realizadas três mensurações distintas: determinação do comprimento real pelo método direto (CRD); do comprimento eletrônico empregando o Tri Auto ZX, com a função de localizador apical (CED) e do comprimento de trabalho eletrônico (CTE). Para esta última mensuração, os dentes foram divididos em quatro grupos e modelados com limas Pow-R acopladas ao aparelho. Em cada grupo, trabalhou-se com diferentes níveis de reversão apical pré-estabelecidos: G1 = “0.5”, G2 = “1”, G3 = “1.5” e G4 = “2”. A precisão encontrada para localização do forame foi de 86,6%. No grupo 1, a reversão ocorreu à uma distância média de 0.4 mm aquém do CED e, nos demais à 0.6, 1.2 e 1.4 mm, respectivamente. Somente no nível “0.5” não foram encontradas diferenças estatísticas significativas, com relação ao nível demarcado no aparelho. O aparelho mostrou maior confiabilidade quando ajustado mais próximo do nível “Apex”.

ABSTRACT

PASTERNAK JÚNIOR, B. **An evaluation of the ability of the Tri Auto ZX device in measuring the actual length of the tooth and maintaining the working length of root canal instrumentation.** Florianópolis, 1999. 93 p. (Master of Science in Dentistry - option Endodontics). Universidade Federal de Santa Catarina.

Key words: Root apex locator Root ZX; Rotary instrumentation.

The purpose of the current study was to evaluate “in vitro” the accuracy and reliability of the Tri Auto ZX device in measuring and maintaining the working length of root canal instrumentation. In sixty extracted human canines, with single canals and mature apices, three different measures were done: determination of the actual length by the direct technique; of the electronic length with Tri Auto ZX in its electronic manual recording (EMR) mode and of the working electronic length. For this latter measure, the teeth were divided into four groups and instrumented with Pow-R rotary files connected to the device. For each group, the root canals were instrumented with different auto apical reverse settings according to the following sequence: G1 = “0.5”, G2 = “1”, G3 = “1.5” and G4, “2”. The results showed that the accuracy in locating the root foramen was 86.6%. In group 1, the auto apical reverse happened to a mean distance of 0.4 mm short of the electronic length and in the others groups to a 0.6, 1.2 and 1.4 mm, respectively. Just the auto apical reverse level “0.5” was not statistically significant, with relation to the level marked on the instrument panel. The device presented greater reliability when programmed nearest to the “Apex” level.

1 INTRODUÇÃO

O preparo mecânico dos canais radiculares constitui uma etapa fundamental do tratamento endodôntico e tem por objetivos a criação de condições morfológicas, dimensionais, e/ou a desinfecção do canal, assegurando-lhe a melhor forma possível, sem irregularidades e com paredes lisas, para proceder uma correta obturação (SOARES, SILVEIRA, TAVARES et al.1993; COHEN, BURNS, 1994).

Para alcançar melhores resultados com a terapia endodôntica, o preparo e a obturação do canal devem ser realizados, tanto quanto possível, nas proximidades da junção cimento-dentinária (limite cimento-dentina-canal ou CDC), o que corresponde a aproximadamente 1 à 2 mm do vértice radiográfico da raiz dental (KUTTLER, 1955; BURCH, HULEN, 1972; DUMMER, MCGINN, REES, 1984).

Quando esse limite não for alcançado ou for ultrapassado, pode-se esperar insucessos imediatos ou a longo prazo (KETTERL, 1968).

De mesma opinião, RICUCCI, LANGELAND (1998) concluíram, que o melhor prognóstico para o tratamento endodôntico é obtido, quando a instrumentação e a obturação são realizadas a nível da constricção apical, e o pior, quando esses procedimentos se estendem além do limite CDC.

Para se alcançar esse nível apical no preparo, são necessários uma correta mensuração do elemento dental e uma adequada instrumentação. Além das radiografias de odontometria, um método auxiliar para se obter o comprimento real do dente, é a utilização dos aparelhos eletrônicos, que vêm sendo desenvolvidos desde que SUNADA,

em 1962, introduziu um sistema capaz de realizar tal procedimento baseado na resistência elétrica do ligamento periodontal e da mucosa oral.

Desde então, os aparelhos audiométricos vêm sendo aprimorados, tornando-se capazes de localizar o forame ou a constricção apical, independente da condição pulpar, ou da presença de umidade. Outras vantagens da utilização desses aparelhos são a rapidez e segurança, pois tendem a diminuir o número de exposições radiográficas para a realização da odontometria (O'NEILL, 1974; USHIYAMA, 1983; FOUAD, KRELL, McKENDRY et al., 1990; YAMASHITA, 1990).

Mais recentemente, diversos trabalhos têm reportado uma alta precisão na utilização do Root ZX (J. Morita Corp., Tustin, CA, USA) em localizar o forame apical, alcançando índices entre 80 e 100% de confiabilidade (SHABAHANG, GOON, GLUSKIN, 1996; FELIPPE, LUCENA, SOARES, 1997; DUNLAP, REMEIKIS, BEGOLE et al., 1998; PAGAVINO, PACE, BACCETTI, 1998).

Os localizadores apicais conseguem definir com precisão a localização do limite CDC e do forame apical, todavia, a manutenção do comprimento de trabalho durante a instrumentação é fator de extrema importância, para que não ocorram complicações como transporte, degrau, perfuração, sobre-instrumentação e zip.

Entretanto, alguns fatores podem dificultar a instrumentação do canal radicular, entre os quais destacam-se seu diâmetro, grau de curvatura e o comprimento do dente (WEINE, KELLY, LIO et al., 1975; JOHNSON, 1986; SABALA, ROANE, SOUTHARD, 1988), que ao se apresentarem atrexicos ou muito amplos, com curvaturas severas ou extremamente longos, tornam essas dificuldades mais evidentes.

Na tentativa de reduzir esses inconvenientes pertinentes ao preparo convencional, principalmente em canais curvos e/ou de diâmetros reduzidos, surgiram várias técnicas, instrumentos e aparelhos endodônticos.

Entre essas técnicas, várias foram fundamentadas na instrumentação manual (CLEM, 1969; MORGAN, MONTGOMERY, 1984; ROANE, SABALA, DUNCASON, 1985), contudo, com o intuito de simplificar a modelagem, reduzir o tempo de trabalho e por conseguinte, a fadiga operatória, é que a instrumentação mecanizada tem sido desenvolvida.

Diversas peças automatizadas e diferentes instrumentos de aço-inoxidável foram empregados para a instrumentação mecanizada dos canais radiculares. Entretanto, principalmente devido a falta de flexibilidade destes instrumentos, problemas como a perda do comprimento de trabalho e fratura das limas eram comuns na sua utilização (TRONSTAD, NIEMCZYK, 1986; GILLES, DELRIO, 1990).

Com a introdução da liga de níquel-titânio (NiTi), os aparelhos automatizados obtiveram um grande impulso, pois até então, havia dificuldade em se conjugar os instrumentos de aço-inoxidável e o movimento rotatório, sendo essa a principal causa dos insucessos obtidos no preparo dos canais.

Pelo fato dos instrumentos de níquel-titânio serem duas a três vezes mais flexíveis que os de aço-inoxidável (WALIA, BRANTLEY, GERSTEIN, 1988), e também devido a sua menor capacidade de corte (TEPEL, SCHÄFER, HOPPE, 1995), permitem o preparo da porção apical de canais curvos com calibres que excedem o limite de flexibilidade imposto pelos instrumentos de aço-inoxidável, mantendo melhor a direção e a

forma original do canal (ESPOSITO, CUNNINGHAM, 1995; SAMYN, NICHOLLS, STEINER, 1996).

A partir das considerações descritas acima, inúmeros sistemas que incluem instrumentos de NiTi vêm sendo introduzidos para realização do preparo automatizado dos canais radiculares. Dentre eles destacam-se o Lightspeed (Lightspeed Technology, San Antonio, TX, USA, 1993), o Profile .04 *Series 29* (Tulsa Dental Products, Tulsa, OK, USA, 1994), o Quantec (NT Company, Chattanooga, USA, 1996) e o Pow-R (Moyco Union Broach, York, PA, USA, 1997).

A ocorrência de complicações como formação de degraus, zips e perfurações da raiz diminuíram, principalmente devido ao desenho característico dos instrumentos de NiTi. O fato de apresentarem lâminas pouco agressivas (bordos aplainados) e de serem mais flexíveis, contribuem para a manutenção da direção original do canal. Além disso, o tempo dispendido para a conclusão do preparo, tornou-se menor. (THOMPSON, DUMMER, 1997; FRICK, WALIA, DEGUZMAN et al., 1997; SYDNEY, 1997; CAICEDO, CANTILLO, JIMENEZ, 1997; BEESON, HARTWELL, THORNTON et al., 1998; REDDY, HICKS, 1998; KAVANAGH, LUMLEY, 1998).

No entanto, com a instrumentação mecanizada, o operador perde muito de seu senso táctil e com isso, a fratura dos instrumentos pode ocorrer com maior frequência, pois é difícil predizer quando esse acidente endodôntico pode acontecer (HUSSMANN, STRYGA, 1993).

Com o contínuo movimento rotacional que é imposto às limas de níquel-titânio, o desenho característico com bordos aplainados, que foi descrito acima como vantagem,

apresenta uma desvantagem, pois, ocasionalmente, os instrumentos podem avançar além do comprimento de trabalho desejado (NGUYEN, KAUFMAN, KOMOROWSKI et al., 1997). Além disso, pode ocorrer a perda do comprimento de trabalho, até mesmo pela dificuldade de manter o cursor justaposto à lima durante a instrumentação.

Partindo da necessidade de reduzir esses riscos, foi desenvolvido um aparelho que conjuga a instrumentação mecanizada com um localizador apical (Root ZX), constituindo o Tri Auto ZX (J. Morita, MFG. Co., Kioto, Japan). Segundo o fabricante, esse aparelho, devido a algumas características que lhe são próprias e serão apresentadas posteriormente, previne a fratura dos instrumentos e é capaz de estabelecer “previamente” o nível apical da instrumentação.

Frente ao que se propõe, será apresentada a seguir, a revisão de literatura abordando estudos a respeito do localizador apical Root ZX e da instrumentação mecanizada, além da apresentação do Tri Auto ZX e seu mecanismo de funcionamento.

2 REVISÃO DE LITERATURA

A fim de facilitar o entendimento da presente revisão, os estudos apresentados abordam uma breve evolução dos aparelhos audiométricos, com ênfase para o localizador apical Root ZX, a evolução da instrumentação mecanizada e a apresentação do Tri Auto ZX, objeto principal desta pesquisa.

2.1 Aparelhos Audiométricos

O primeiro trabalho a respeito dos aparelhos audiométricos foi descrito em 1962, quando SUNADA, baseado nos estudos de SUZUKI (1942), demonstrou que a resistência elétrica entre o ligamento periodontal e a mucosa oral tinham valores constantes e que poderiam ser medidos. Contudo, o aparelho desenvolvido pelo autor não permitia leituras confiáveis na presença de eletrólitos, tais como, hipoclorito de sódio, exsudatos, hemorragia excessiva ou tecido pulpar vital (USHIYAMA, 1983; FOUAD, KRELL, McKENDRY, et al., 1990).

Desde a introdução do método eletrônico para a determinação do comprimento dos dentes, uma variedade de localizadores apicais vêm sendo desenvolvidos (INOUE, 1973; USHIYAMA, 1983; HASEGAWA, IIZUKA, TAKEI, et al., 1986). O Endocater (Hygenic Corp., Akron, OH, USA, 1986) por exemplo, mostrou-se capaz de mensurar corretamente o comprimento do dente, mesmo na presença de fluídos. O circuito do aparelho é baseado sobre o princípio de que a resistência elétrica é maior na constrictão apical. Para permitir a

mensuração em meio eletrolítico, o instrumento que é levado ao canal radicular recebeu um revestimento plástico, dificultando sua utilização em canais atrésicos onde a cobertura é facilmente removida, interferindo na precisão da mensuração (KELLER, BROWN, NEWTON, 1991).

No final da década de 80, tornou-se disponível o APIT (Osada, Tokio, Japan, 1989), um aparelho baseado no método do valor relativo, que fornece a diferença na impedância para duas frequências diferentes. Quando o instrumento é inserido na porção cervical do canal, a diferença de impedância entre as duas frequências é quase constante. Ao avançar o instrumento apicalmente, a diferença dos valores da impedância começam a se diferenciar e atingem a máxima diferença na constricção apical (YAMAOKA, YAMASHITA, SAITO, 1989).

O APIT foi avaliado “in vitro” por FELIPPE, SOARES (1994) quanto a sua capacidade em determinar um ponto aquém e próximo do forame apical (constricção apical), como também a localização deste. Após a determinação do comprimento real pelo método direto foram realizados três experimentos distintos: 1) determinação da localização do forame apical, 2) estabelecimento da distância entre a ponta do instrumento e o forame apical e 3) definir a influência do calibre da lima utilizada na mensuração. Os resultados mostraram que no primeiro experimento o forame foi localizado com precisão em 96,5% dos casos. No segundo, a ponta da lima estava exatamente a 0,5 mm aquém do forame em 30%, a 1 mm em 63,3%, a 1,5 mm em 5% e a 2 mm em 1,7% dos casos. Em nenhum dente, a ponta da lima alcançou ou ultrapassou o forame, o que, segundo os autores, representa

uma redução no risco de lesão aos tecidos periapicais durante a terapia endodôntica. Quanto ao calibre da lima utilizada não foram encontradas diferenças.

Em 1994, KOBAYASHI, SUDA reportaram o emprego do método da razão e desenvolveram outro aparelho audiométrico, o Root ZX (J. Morita Cop., Tustin, CA, USA). O método da razão, simultaneamente mede a impedância de duas diferentes frequências (400 Hz e 8 kHz), calcula o quociente das impedâncias, e expressa esse quociente em função da posição do eletrodo (lima) no interior do canal radicular.

CZERM, FULKERSON, DONNELLY et al. (1995) testaram "in vitro" a precisão do Root ZX e outros três localizadores apicais: Digipex III, Apex Finder e Neosono MC Plus, comparando as diferenças entre o comprimento real e o medido pelos aparelhos (comprimento eletrônico). Os canais de trinta dentes humanos foram irrigados com solução salina e secos antes da determinação do comprimento eletrônico realizado, utilizando o modelo de gelatina (CZERM, FULKERSON, DONNELLY, 1994). Uma lima K-Flex foi inserida nos canais, até que o localizador apical indicasse que o forame foi alcançado. Um cursor foi ajustado e a lima medida em régua milimetrada. Após a determinação eletrônica, o comprimento real foi calculado pelo método direto inserindo-se uma lima no canal, até que sua ponta se tornasse visível no forame apical. Após o ajuste do cursor, a lima mais uma vez foi medida. Não foram encontradas diferenças significativas entre o comprimento real, obtido visualmente, e aqueles obtidos pelo Digipex III e o Root ZX. Com a utilização desses aparelhos, em nenhum espécime a diferença entre o comprimento real e o eletrônico foi

maior que 0,5 mm, ao contrário do Apex Finder e Neosono MC Plus, onde as diferenças foram mais marcantes.

SHABAHANG, GOON, GLUSKIN (1996) determinaram a capacidade do Root ZX em localizar o forame apical em 26 dentes, com vitalidade pulpar, indicados para exodontia. Uma lima de pequeno calibre foi inserida até 0,5 mm aquém do forame apical, seguindo a indicação no visor do aparelho e a emissão de um sinal sonoro. A lima foi cimentada na posição com ionômero de vidro e o dente extraído. Após o processo de diafanização e mensuração em estereomicroscópio, os resultados demonstraram que o Root ZX localizou o forame precisamente em 17 canais (65,4%). Em oito (30,8%), a lima ficou posicionada em média 0,269 mm além do forame e em um canal (3,8%), o instrumento não o alcançou, ficando a 3 mm de distância. Como uma margem de erro de $\pm 0,5$ mm é aceitável para a aplicação clínica, os autores concluíram que o Root ZX foi capaz de localizar o forame apical com 96,2% de precisão.

No mesmo ano, KATZ, MASS, KAUFMAN (1996) testaram “in vitro” a capacidade do Root ZX em medir o comprimento de vinte primeiros molares decíduos, extraídos de humanos, com diferentes graus de reabsorção radicular. Os dentes foram medidos pelo método direto com auxílio de uma lima #20 inserida no canal até ser visualizada no forame apical e depois foram estabilizados em um modelo de alginato para a mensuração eletrônica. O Root ZX foi ajustado para o nível de 0,5 mm aquém do forame apical, e cada dente foi medido com os canais em três diferentes condições: seco, com solução salina e com hipoclorito de sódio a 2,6%. Três medidas foram realizadas para cada dente e o valor médio

calculado. A lima foi fixada ao dente e o conjunto radiografado. A distância entre a ponta da lima e o vértice radiográfico foi medida e o comprimento do dente calculado. As mensurações obtidas com o Root ZX foram similares as do método direto, subtraindo - 0.5 mm, equivalentes à constrictão, porém, foram menores do que as radiográficas (-0.4 a -0.7 mm). Não houve diferenças estatísticas significativas entre as três diferentes condições testadas.

Também em 1996, WHITE, AUSTIN, WALIA et al. analisaram "in vitro" a precisão do Root ZX. O comprimento eletrônico dos dentes foi determinado utilizando limas K-Flex #10 com cursores posicionados contra o bordo de referência. O comprimento real de cada dente foi determinado pelo método direto. A análise estatística não mostrou diferença significativa entre o comprimento real e o comprimento determinado pelo localizador apical. Os resultados desse estudo demonstraram que o Root ZX foi totalmente confiável nas condições laboratoriais, com uma precisão de 84,3 %.

FELIPPE, LUCENA, SOARES (1997) avaliaram "in vitro" a capacidade do Root ZX em fornecer o comprimento real do dente. Foram utilizados 315 dentes humanos, unirradiculados, extraídos e com raízes completamente formadas. Os dentes foram medidos através do método direto. Para as medidas com o aparelho Root ZX, os espécimes foram fixados pela coroa na parte superior de um cilindro plástico perfurado e a raiz permaneceu mergulhada em soro fisiológico que preencheu o recipiente. Uma lima K #15 foi vagarosamente introduzida até que a indicação "Apex" fosse acesa no painel do aparelho e um sinal sonoro passasse de lento e intermitente para um som contínuo. Em 303 dos 315

dentes, as medidas realizadas com o aparelho coincidiram com as fornecidas pelo método direto. Em 11 dentes houve diferença entre os valores obtidos pelos dois métodos. Nesses casos, a medida determinada pelo Root ZX indicou que a extremidade da lima estava situada 1 mm aquém do forame apical. Em um dente, a lima posicionou-se 1,5 mm aquém do forame. Os resultados das medidas foram coincidentes em 96,4 %, o que demonstra a eficiência deste aparelho em determinar o comprimento real do dente.

WALIA, WHITE, KNIAZ et al. (1997) ressaltaram, que a determinação da parte mais coronal do forame, capacitaria os endodontistas a realizarem todos os procedimentos no limite biológico do sistema de canal radicular. Esses autores avaliaram o Root ZX em dentes com polpas vivas e necrosadas, com exodontia indicada. Após a realização das aberturas endodônticas, uma lima K, conectada ao localizador apical, foi introduzida no canal até que o aparelho indicasse que o forame havia sido alcançado. Depois do registro das medidas, os dentes foram extraídos e o comprimento real foi determinado pela técnica direta. Esses valores foram comparados com os comprimentos obtidos utilizando o Root ZX e radiografias. A análise estatística não demonstrou nenhuma diferença significativa, contudo, a análise de frequências demonstrou que em 43,3% dos casos o Root ZX forneceu medidas aquém da real. Em 31,66% houve coincidência dos valores e em 25% o aparelho registrou medidas além do forame apical.

Em um estudo semelhante, VAJRABHAYA, TEPMONGKOL (1997) encontraram 100% de precisão de acordo com o critério de avaliação proposto pelos autores. Quando a distância entre a ponta da lima e o forame apical estava entre 0 e 1 mm, o resultado foi

classificado como aceitável e, quando a distância foi maior que 1 mm ou a ponta da lima ficou 0,5 mm além do forame, o resultado foi inaceitável. O Root ZX registrou mensurações aquém do forame apical em 78,9% dos dentes (média de 0,2 mm). Em 15,7% dos casos a ponta da lima foi localizada no extremo cervical do forame e em 5,2% a distância foi de 0,1 mm além deste.

MOWREY, DI FIORE, NOBLETT et al. (1997) avaliaram a confiabilidade do Root ZX em determinar o comprimento dos dentes, bem como a influência de solventes de guta-percha nessa determinação. Sessenta dentes unirradiculados foram utilizados. Quatro solventes foram testados: clorofórmio, eucaliptol, halothano e xilol. Os dentes foram instrumentados até uma lima #40, 1 mm aquém do forame apical e obturados com guta-percha e cimento Roth 801. Um solvente foi depositado com uma lima #40 para criar uma pasta de guta-percha e solvente. As leituras foram obtidas com lima #10. Entre cada solvente, os canais foram irrigados com solução salina e secos com pontas de papel absorvente. Nenhuma diferença significativa foi evidenciada entre as medidas obtidas sob a influência dos diferentes solventes ou entre o localizador apical e as medidas realizadas pelo método direto. Em conclusão, o Root ZX pode ser utilizado com os diferentes solventes de guta-percha sem afetar sua precisão na localização do forame.

O estudo de KAUFMAN, FUSS, KEILA et al. (1997) comparou a precisão do Root ZX com a do Sono Explorer Mark II Júnior e o Apit III na localização de perfurações realizadas no terço médio da raiz de 30 dentes extraídos de humanos (15 unirradiculados e 15 multirradiculados). As medidas foram executadas em canais secos, com solução salina e

com hipoclorito de sódio. Todos os localizadores apicais detectaram as perfurações a um alcance de 0,06 à 0,25 mm aquém da superfície externa da raiz. Não houve diferença estatística significativa na capacidade dos aparelhos em localizar as perfurações de diferentes tamanhos. As diferentes soluções empregadas não afetaram a precisão dos aparelhos audiométricos, sendo esses considerados confiáveis como recurso para localizar perfurações radiculares.

No ano seguinte, outro estudo realizado "in vivo" avaliou a precisão do Root ZX através da relação entre a ponta do instrumento e o forame apical, analisada por microscopia eletrônica de varredura (M.E.V.) (PAGAVINO, PACE, BACCETTI, 1998). Sob irrigação de hipoclorito de sódio a 2,5%, uma lima de pequeno calibre foi inserida nos canais até que a indicação "Apex" e o sinal sonoro indicassem que o forame apical foi alcançado. Em seguida, a lima foi fixada em posição com resina composta fotopolimerizável e os dentes extraídos. A posição do forame e a relação deste com a ponta da lima foram observados e fotografados com estereomicroscópio com ampliação de 40 X. Em 18 espécimes o forame estava localizado no vértice radicular (grupo A) e em 17 era excêntrico (grupo B). Seis espécimes foram excluídos devido à alteração na posição da lima durante o processamento para M.E.V. Então o grupo A (vértice) compreendeu 15 espécimes e o grupo B, 14. A distância da ponta da lima ao bordo mais cervical do forame foi calculada com um software de análise de imagens. O Root ZX localizou o forame apical com absoluta precisão em um caso. Em todos os outros dentes a ponta da lima ficou além do bordo mais cervical do forame com média entre 0,12 mm e 0,85 mm. A distância média da ponta da lima ao bordo mais cervical do forame foi 0,395 mm. Em 82,75% dos casos, a margem de erro no

comprimento dos dentes foi menor que 0,5 mm. O grupo A mostrou uma média de sobreextensão de 0,268 mm e o grupo B de 0,531 mm. A distância no grupo A foi significativamente menor que no grupo B. O erro na localização do forame apical foi significativamente menor nos casos que o forame se localizava no vértice do que naqueles cuja localização era lateral.

No mesmo ano, VOSS, MARKULA-LIEGAU (1998) selecionaram aleatoriamente 54 raízes de dentes humanos, que foram fixadas coronalmente em blocos acrílicos. A posição do forame apical foi determinada com uma lima K #10. As raízes foram imersas em solução salina com os canais preenchidos com eletrólitos. Com o Root ZX em posição, a lima foi medida quatro vezes nos seguintes níveis, "Apex"; 0,5; 1; 1,5; 2; 2,5 e 3 de acordo com o aparelho. Para localizar a constricção apical, as raízes foram desgastadas com discos de papel granulado. As áreas seccionadas dos canais foram avaliadas com microscópio e delineadas. Os desvios da constricção apical foram 0,66; 0,48; 0,32; 0,18; 0,03; -0,27 e - 0,59 mm, respectivamente em cada nível analisado. Por esse estudo, os autores concluíram que o aparelho deveria ser ajustado entre os níveis 1,5 e 2 devido a maior proximidade na localização da constricção apical.

DUNLAP, REMEIKIS, BE GOLE et al. (1998) compararam o comprimento do dente determinado pelo Root ZX em canais com polpas vivas e necróticas. Trinta e cinco canais de 29 dentes com exodontia indicada foram utilizados. Após a anestesia, os dentes foram isolados e as cúspides niveladas, definindo o bordo de referência. Foram realizados o acesso endodôntico, a localização dos canais e a verificação da condição pulpar. Os

remanescentes pulpares, quando existentes, foram removidos com extirpa-nervos e a solução irrigadora empregada foi o hipoclorito de sódio a 2,5%. O localizador apical foi utilizado de acordo com as recomendações do fabricante. Limas de calibres compatíveis com o diâmetro dos canais foram conectadas ao aparelho e introduzidas nos canais até que o aparelho indicasse "Apex", sendo em seguida recuadas até o aparelho indicar a constricção apical (0.5). Nessa posição, as limas foram calibradas com cursores junto ao bordo de referência e cimentadas ao dente com ionômero de vidro. Após a exodontia, os dentes foram limpos e radiografados na direção vestibulo-lingual. As radiografias foram avaliadas em negatoscópio com o auxílio de lente com aumento de 3,5 X. As medidas da ponta da lima ao vértice radiográfico foram obtidas usando um paquímetro com precisão de 0,01 mm. Os quatro milímetros apicais de cada raiz foram desgastados com disco diamantado, até que a ponta da lima fosse visualizada através de uma fina camada da dentina, que foi removida com uma lâmina de bisturi. A distância da ponta da lima à constricção apical foi medida em microscópio cirúrgico (12 X) com paquímetro. A média da distância da lima ao vértice radiográfico foi de 0,66 mm, sendo que em 26% dos casos essa distância estava além do vértice radiográfico e em 74%, a distância estava aquém. A medida da ponta da lima à constricção apical foi menor que 0,25 mm em 52,9% dos espécimes, menor que 0,50 mm em 82,3% e menor que 0,75 mm em 94,1 %. As leituras foram registradas aquém ou a nível da constricção apical em 52,9% nos dentes vitais e 23,5% nos dentes despolpados. A condição do tecido pulpar não influenciou a leitura do localizador apical Root ZX.

Finalmente, OUNSI, NAAMAN (1999) mediram 36 dentes unirradiculados com o localizador apical Root ZX, utilizando para isso um gel condutor Jell-O, o qual simulava o

periodonto. Foram realizadas mensurações com o aparelho programado nos níveis “0.5” e “Apex” em cada um dos dentes. Após esse procedimento, foi calculado o comprimento real dos dentes pelo método direto, até que uma lima K #10 fosse visualizada no bordo mais cervical do forame. Os comprimentos obtidos foram comparados, sendo que as medidas obtidas no nível “0.5” foram comparadas ao CRD - 0,5 mm. O emprego do Root ZX programado no nível “Apex”, resultou numa precisão de 84,72% dos casos, entretanto, no nível “0.5”, este percentual foi de somente 50%. Em ambos os níveis, foi considerado um limite de tolerância de $\pm 0,5$ mm.

2.2 Evolução da Instrumentação Mecanizada

A instrumentação mecanizada é aquela que utiliza recursos automatizados com movimentos principalmente rotatórios e tem sido desenvolvida para simplificar o preparo dos canais radiculares.

A primeira peça automatizada, apropriada para endodontia, foi o Giromatic (Micro Mega, Besançon, France), idealizada no início da década de 70, o qual realizava movimentos de $\frac{1}{4}$ de volta no sentido horário e anti-horário, 3000 vezes por minuto. Muitos problemas foram apontados com esse aparelho: perda do comprimento de trabalho, degraus e bloqueios devido à compactação de dentina e distorções nos instrumentos utilizados durante o preparo. No mesmo período, McSpadden introduziu o Dynatrac, que mostrou-se ineficiente na modelagem do canal radicular, pois também apresentou complicações no que diz respeito à manutenção do comprimento de trabalho e à fratura dos instrumentos (TRONSTAD, NIEMCZYK, 1986).

Outro sistema, o Canal Master (Brasseler, Savannah, GA, USA, 1989) utiliza tanto instrumentos manuais quanto rotatórios, e suas principais características são a guia de penetração inativa, parte ativa de 0,75 a 2 mm de comprimento e intermediário de diâmetro reduzido e constante, para aumentar a flexibilidade.

Quando o Canal Master foi comparado com limas manuais durante a instrumentação, demonstrou um índice menor de transportação e formação de degraus, bem como, canais mais regulares em seu formato. Por outro lado, os instrumentos mostraram-se mais

susceptíveis à fratura (GILLES, DELRIO, 1990; LESENBERG, MONTGOMERY, 1991; ZMENER, SPIELBERG, OLMOS, 1994; HANKINS, ELDEEB, 1996; ALEXANDER, CARNES, GILLES, 1997).

Pequenas modificações na forma de apresentação dos instrumentos Canal Master e a inclusão de instrumentos de calibres intermediários, deram origem ao Canal Master “U”, o qual foi objeto de estudo de SAUNDERS, SAUNDERS (1994), que compararam a qualidade do preparo de canais curvos resultantes da instrumentação, com esses instrumentos e com limas manuais. O método para padronização de radiografias, proposto por SEPIC, PANTERA, NEAVERTH, et al. (1989), foi utilizado para comparar as radiografias, em um sistema computadorizado, tomadas antes e após a instrumentação. Embora os resultados tenham revelado um aumento na área total dos canais, não houve diferenças significativas na média das alterações entre os grupos. Houve um aumento significativo na amplitude do terço cervical dos espécimes instrumentados com Canal Master U e ocorreu uma alta incidência de fratura desses instrumentos. A avaliação da qualidade do preparo da porção apical e do formato do canal não mostrou diferenças estatísticas significativas entre os grupos. Resultados semelhantes foram obtidos três anos mais tarde por MARTIN, BLASKOVIC-SUBAT (1997).

O Canal Finder System, desenvolvido em 1984 por LEVY, possui dois princípios fundamentais: um movimento longitudinal com amplitude variável e uma liberdade rotacional ao longo do seu eixo. LEVY, em 1990, avaliou as vantagens e desvantagens do Canal Finder System e destacou a obtenção de um canal cirúrgico que mantém a forma

original do canal radicular e salientou que os principais problemas decorrentes da instrumentação foram a fratura dos instrumentos, perfurações e desvios frequentes.

Com o surgimento da lima Set-File, especialmente desenvolvida para o Canal Finder System, que é uma variação da lima Hedström com ângulo helicoidal de 40 graus e guia de penetração inativa, novos trabalhos foram idealizados.

SYDNEY, ESTRELA, PESCE et al. (1993) estudaram a ocorrência de desvios apicais, quando da utilização da técnica escalonada com limas manuais e do Canal Finder System, e concluíram, que a utilização dos instrumentos manuais proporcionou um índice percentual significativamente maior de desvio apical, do que o preparo com o aparelho automatizado. Para ambos os grupos ocorreu aumento no índice de deformação, quando o número do instrumento memória utilizado foi o de número 35.

Na mesma linha de pesquisa, SYDNEY, ESTRELA, CARRASCOZA et al. (1995) avaliaram a forma final do preparo e a ocorrência do desvio apical em canais mesiais de molares inferiores extraídos de humanos, comparando a técnica de preparo cervical, auxiliada com brocas Gates-Glidden, com o uso do Canal Finder System. Uma das conclusões encontradas demonstrou que a técnica de preparo cervical ocasionou um índice de 6,6% de ocorrência de desvio apical enquanto que, com o Canal Finder System, tal acidente não foi constatado em nenhum dos espécimes analisados. Os autores acreditam que tais resultados estejam embasados, em parte, na maior flexibilidade das limas Set-File em relação às limas Flexofile, embora tal fato não encontre respaldo na literatura.

Dois anos mais tarde, SYDNEY, PESCE, BATISTA et al. (1997), após a impregnação das paredes radiculares de canais de molares inferiores extraídos com ferrocianeto de prata, compararam a instrumentação usando o Canal Finder System com a imagem circunferencial empregando limas K e constataram uma maior remoção do corante através da modelagem com o Canal Finder, principalmente das paredes vestibulares e linguais.

Embora tenha sido constatado que bons resultados poderiam ser obtidos com a instrumentação mecanizada até então, as principais complicações ainda diziam respeito à fratura dos instrumentos, principalmente devido a falta de flexibilidade e resistência à torção do aço-inoxidável.

Com o surgimento das ligas de níquel-titânio (NiTi), a instrumentação mecanizada apresentou um grande impulso, pois foi verificado que as limas da liga Nitinol apresentavam flexibilidade duas a três vezes maior que as limas de aço-inoxidável, devido ao baixo módulo de elasticidade e maior resistência à torção (WALIA, BRANTLEY, GERSTEIN, 1988).

ROWAN, NICHOLLS, STEINER (1996) analisando as propriedades de torção das limas de aço-inoxidável e de níquel-titânio nos sentidos horário e anti-horário, demonstraram que ocorreram significativamente mais fraturas com as limas de aço-inoxidável, quando giradas no sentido horário, enquanto que, as limas de NiTi fraturaram mais, quando no sentido anti-horário.

ESPOSITO, CUNNINGHAM (1995) estudaram, através de um programa de digitalização computadorizada, a capacidade de limas manuais de aço-inoxidável e de limas manuais de níquel-titânio (Mac) e rotatórias (Nitimatic), em manter a direção original dos canais durante a instrumentação. Os instrumentos de níquel-titânio, tanto manuais como rotatórios, mantiveram a direção original em todos os casos, fato que não ocorreu com as limas manuais de aço-inoxidável, muito embora vários instrumentos rotatórios não tivessem alcançado o comprimento de trabalho. Os instrumentos de níquel-titânio permitiram o preparo de canais radiculares curvos com instrumentos de maiores calibres e mantiveram melhor a direção original, quando comparados às limas de aço-inoxidável.

De maneira semelhante, SAMYN, NICHOLLS, STEINER (1996) compararam a capacidade de limas manuais de aço-inoxidável e de níquel-titânio em manter os canais centralizados. Embora centralizados, a maioria dos canais apresentou-se com o formato oval após o preparo.

Recentemente, vários aparelhos mecanizados têm sido introduzidos, dentre eles o Lightspeed (Lightspeed Technology, San Antonio, TX, USA, 1993) que incorporou a tecnologia do instrumento Canal Master U, mas é fabricado em níquel-titânio. Existem instrumentos nos comprimentos de 21 e 25 mm, em calibres entre 20 e 100 que devem ser utilizados com velocidade entre 750 e 2000 r.p.m. com movimentos rotacionais no sentido horário.

GLOSSON, HALLER, DOVE et al. (1995) selecionaram canais mesiais curvos de molares inferiores e os dividiram em cinco grupos. Dois grupos foram instrumentados com limas manuais e outros três com sistemas mecanizados (NT Sensor, Canal Master “U” e Lightspeed). Utilizando a técnica para comparação da forma do canal radicular antes e após a instrumentação preconizada por BRAMANTE, BERBERT, BORGES (1987) e analisando os resultados, os autores concluíram, que os preparos com instrumentos de NiTi (Lightspeed e NT Sensor) e o Canal Master “U” sofreram uma menor transportação e permaneceram melhor centralizados nos canais. Da mesma forma, esses instrumentos removeram menos dentina e produziram canais mais regulares do que as limas manuais. A instrumentação mecanizada foi significativamente mais rápida do que a instrumentação manual.

No ano de 1996, THARUNI, PARAMESWARAN, SUKUMARAN avaliaram a eficiência do preparo em canais simulados em blocos de resina, utilizando instrumentos Lightspeed e limas manuais. Em 100% dos casos instrumentados com limas manuais ocorreu a formação de degraus e apenas em 18,18% dos casos com o Lightspeed essa evidência foi encontrada.

ROIG-CAYÓN, BASILIO-MONNÉ, ABÓS-HERRÁNDIZ et al. (1997) compararam a instrumentação mecanizada com Lightspeed e limas manuais. Os instrumentos Lightspeed obtiveram significativamente mais canais circulares do que os manuais em todos os níveis analisados. Os preparos com os instrumentos manuais foram

significativamente mais lentos do que com o Lightspeed. Resultados semelhantes foram encontrados por PORTENIER, LUTZ, BARBAKOW (1998).

A frequência de fraturas e a possibilidade de acesso ao comprimento de trabalho após a separação dos instrumentos Lightspeed foram os objetivos do estudo de RAMIREZ-SALOMON, SOLER-BIENTZ, GARZA-GONZÁLES et al. (1997). Cinquenta e dois molares superiores e inferiores de pacientes foram instrumentados por endodontistas treinados com a técnica do Lightspeed, sendo que as raízes desses dentes apresentavam curvaturas próximas a 30° e ápices completamente formados. Quando ocorria fratura, o calibre do instrumento e o número de vezes que ele tinha sido utilizado era registrado. Nos 162 canais preparados com o Lightspeed, seis instrumentos fraturaram e desses, cinco permitiram o acesso ao comprimento de trabalho através da passagem lateral. Os instrumentos que fraturaram tinham sido utilizados em 11 a 13 molares antes da separação ocorrer, ou seja, em pelo menos 33 canais, excedendo as recomendações do fabricante o que pode explicar os casos de fratura dos instrumentos.

THOMPSON, DUMMER (1997 a) verificaram a qualidade do preparo realizado com instrumentos Lightspeed em quarenta canais simulados em blocos de resina. Esses canais foram divididos em quatro grupos de dez, sendo que no primeiro, a curvatura começava em 8 mm, partindo do orifício de abertura, e com angulação de 20 graus. No segundo grupo, foi mantida a mesma medida para início da curvatura, mas com angulação de 40. Nos outros dois grupos, as curvaturas tiveram início em 12 mm e a angulação foi de 20 e 40 graus, respectivamente. Todos os canais foram preparados com instrumentos

rotatórios Lightspeed em um comprimento de trabalho de dezesseis milímetros, até o instrumento #35, sendo que limas rotatórias #70 foram utilizadas para o preparo dos 3 mm cervicais. Durante o estudo, nenhum instrumento sofreu deformação, nem ocorreram bloqueios nos canais. Em geral, a perda do comprimento de trabalho aconteceu apenas em canais com 20 graus de curvatura e com início em 12 mm, mas também não houve diferenças significativas entre os grupos.

Além da composição da liga, outra modificação nos instrumentos diz respeito a sua conicidade ou “taper”, que diferentemente dos instrumentos estandardizados de conicidade .02, apresentam conicidades maiores, como .04 e .06.

Nessa linha, o sistema de instrumentação acionado à motor Profile .04 *Series 29* (Tulsa Dental Products, Tulsa, OK, USA), que foi introduzido em 1994, é mais uma opção para o preparo mecânico dos canais radiculares. Os instrumentos são fabricados por usinagem a partir de uma haste triangular de níquel-titânio, com secção transversal em forma de “U”, com três bordos cortantes e ponta inativa. Como a conicidade é de .04 ou .06, o maior diâmetro (D16) atinge o dobro ou o triplo da conicidade dos instrumentos estandardizados, respectivamente. A velocidade de rotação preconizada é de 150 a 350 r.p.m., através de um contra-ângulo redutor próprio para sua utilização. Com a incorporação da Tulsa à Dentsply-Maillefer, os instrumentos Profile .04 sofreram novas modificações, principalmente com relação ao diâmetro inicial da parte ativa que passou a corresponder às normas de estandardização, e não mais à série 29.

Esse sistema foi objeto do estudo de THOMPSON, DUMMER (1997 b) que determinaram a capacidade de preparo desses instrumentos em quarenta canais simulados com curvaturas de 20 e 40 graus. Os canais que apresentavam curvaturas de 40 graus necessitaram de um maior tempo para a conclusão do preparo, mas não houve diferenças significativas entre os grupos. Nenhum instrumento foi fraturado durante o estudo; cinquenta e dois sofreram deformações, contudo, os resultados não mostraram diferenças significativas entre os tipos de canais. Não ocorreu bloqueio com resina em nenhum canal, como resultado da instrumentação. Apenas uma limitada perda do comprimento de trabalho foi evidenciada, sendo em média de 0,5 mm ou menos.

Na continuação desse estudo, foi utilizado um sistema de análise computadorizada que comparou as imagens antes e após a instrumentação realizada da mesma maneira descrita acima (THOMPSON, DUMMER, 1997 c). Com essa análise, foi verificada a incidência de acidentes como zip, cotovelos, degraus, perfurações e desgastes excessivos em direção à parte interna da curvatura. Também foi avaliada a amplitude dos canais em onze níveis ao longo de sua extensão, e a quantidade e direção da transportação. Nenhum zip ou cotovelo foi encontrado. Em 60% dos casos surgiram degraus após a instrumentação, sendo a maioria, em canais com curvaturas de 40 graus e início em 12 mm do orifício de abertura. Nenhuma perfuração ocorreu durante o preparo, nem tão pouco desgastes excessivos em direção à parte interna da curvatura foram observados.

SHORT, MORGAN, BAUMGARTNER (1997) compararam três sistemas rotatórios que empregam limas de níquel-titânio (Mc Xim, Lightspeed e Profile .04 series

29) com uma técnica escalonada com limas manuais de aço-inoxidável na capacidade de manter a centralização do canal nos terços apical, médio e cervical. Os sistemas de NiTi produziram preparos mais centralizados nos canais do que as limas manuais. Não houve diferenças significativas entre os grupos NiTi em qualquer nível. As diferenças entre as técnicas mecanizadas e a manual foram mais pronunciadas no #40 do que no #30.

Tem sido relatado que a extrusão apical de debris aumenta a inflamação apical, tanto por sua presença física, como também, pelo aspecto biológico, em casos de infecção. Portanto, é objetivo dos endodontistas procurar limitar essa extrusão.

HINRICHS, WALKER, SCHINDLER (1997) compararam a quantidade da extrusão apical de debris produzidos por diferentes instrumentos mecanizados de NiTi e por limas manuais. Cem dentes, divididos de acordo com o comprimento, grau de curvatura e tamanho do forame foram instrumentados com Lightspeed, Profile .04 *series 29* e NT McXim, de acordo com as recomendações do fabricante, e com limas Flex-R (técnica da força balanceada). Não houve diferenças entre os grupos no que diz respeito ao total de debris extruídos.

BEESON, HARTWELL, TRONTON et al. (1998) também compararam a extrusão de debris e de soluções irrigadoras de canais radiculares, preparados com o sistema Profile .04 *series 29* e com instrumentos manuais. Sessenta e nove dentes unirradiculados extraídos de humanos, com canais retos e ápices completamente formados foram divididos em 4 grupos. Os dentes de 2 grupos foram instrumentados com limas K, 1 mm aquém do forame

apical (Grupo 1) e no limite deste (Grupo 3). Os canais dos outros 2 grupos foram preparados nos mesmos níveis acima utilizando os instrumentos Profile .04 (grupos 2 e 4). Água destilada foi usada como solução irrigadora em todos os grupos. Os debris e irrigantes foram coletados em frascos pré-pesados. Os resultados demonstraram que os preparos com limas K no comprimento real dos dentes, extruíram significativamente mais debris e um maior volume de irrigantes do que os outros grupos. Mais plugs apicais foram criados em dentes preparados 1 mm aquém do forame apical, entretanto, não houve diferença significativa entre os 2 grupos preparados nesse nível. Um menor tempo foi necessário para o preparo de canais com o sistema Profile .04 do que com limas K.

O trabalho de SYDNEY (1997) teve por objetivo verificar, "in vitro", a eficiência do preparo do canal radicular empregando os instrumentos Profile .04 (Dentsply-Maillefer) comparando-os à instrumentação com limas manuais NiTiflex. Foram analisados a presença de desvio apical; o tempo dispendido no preparo, a perda do comprimento de trabalho, o bloqueio do canal radicular e a ocorrência de perfuração. Também foram avaliados a sensibilidade táctil, as alterações no instrumento após a utilização e a incidência de fratura dos mesmos. Com a análise dos resultados o autor pôde afirmar que, embora a maior incidência de desvio apical tenha ocorrido com a técnica manual (limas NiTiflex), não houve diferença estatisticamente significante entre os instrumentos estudados. O sistema Profile .04 mostrou-se eficiente, quando a dilatação do canal foi realizada até o instrumento número 35, ocorrendo a presença de desvios à medida em que o preparo foi levado ao instrumento de número 45. Com relação ao tempo de instrumentação, no grupo onde as limas Profile .04 foram empregadas, denotou-se menor tempo, com diferença estatisticamente significativa.

Quanto à perda do comprimento de trabalho e a ocorrência de perfuração apical, não houve diferença significativa entre os dois grupos. Nada foi relatado quanto ao bloqueio do canal radicular, alterações nos instrumentos após o uso e fratura dos mesmos. No que diz respeito à sensibilidade táctil, a mesma foi considerada boa.

BRYANT, THOMPSON, AL-OMARI et al. (1998 a) avaliaram a capacidade do preparo com instrumentos rotatórios Profile .04 (ISO) utilizando a mesma metodologia descrita anteriormente dos trabalhos de THOMPSON, DUMMER (1997). Três instrumentos fraturaram durante o estudo (dois #35 e um #25) e nenhum canal foi bloqueado com resina. Em mais da metade dos canais não houve perda do comprimento de trabalho, mas em 11, a instrumentação ficou 0,5 mm aquém do comprimento desejado. Em outros seis canais houve sobre-instrumentação do comprimento que variou de 0,5 mm à 1 mm.

Na segunda parte do trabalho relatado por BRYANT, THOMPSON, AL-OMARI et al. (1998 b), os resultados encontrados foram que zips ocorreram em canais com início da curvatura em 8 mm, quatro em curvaturas com 20 graus e cinco com 40 graus. Apenas um degrau foi evidenciado, mas perfurações e zonas de perigo (desgastes excessivos em direção à parte interna da curvatura) não foram encontrados. Diante das condições desse estudo, os instrumentos Profile .04 (ISO) prepararam os canais sem criar perfurações ou zonas de perigo, contudo zips e degraus foram evidenciados.

Outro instrumento rotatório, o Quantec (NT Company, Chattanooga, USA) foi desenvolvido no ano de 1996, encontra-se disponível em conicidades que variam entre .02 e .06. Uma característica importante é que apresenta duas opções para a guia de penetração, uma versão sem corte para canais curvos e outra cortante, para canais de diâmetros reduzidos. Segundo o fabricante, a sua utilização resulta em um preparo com uma conicidade gradativa ao longo do comprimento do canal.

FRICK, WALIA, DEGUZMAN et al. (1997) avaliaram a capacidade de instrumentação do Profile .04 *series 29*, o Quantec e as limas manuais, em canais curvos de molares superiores extraídos de humanos. Utilizando um posicionador de radiografias, imagens digitalizadas dos canais foram obtidas antes e após a instrumentação. Os resultados não revelaram diferença entre Profile .04 e Quantec, mas ambos tiveram melhores resultados que as limas manuais, produzindo melhor “taper” e menor ocorrência de transportações no terço apical.

Com o propósito de investigar os instrumentos Quantec Series 2000, THOMPSON, DUMMER (1998 a), empregaram os mesmos grupos de canais simulados utilizados anteriormente, descrito no trabalho de 1997. Entretanto, nessa pesquisa os autores alteraram a seqüência da modelagem, ou seja, nos canais onde a curvatura iniciava em 8 mm, o Quantec #1 foi utilizado para o preparo dos 8 mm iniciais da porção reta e, em seguida o #2 foi utilizado em 16 mm e após o # 3 ao #9. Nos grupos de canais simulados onde a curvatura começava em 12 mm, só ocorreu alteração quando o Quantec #1 foi utilizado em 12 mm (porção reta). Três instrumentos deformaram-se durante o estudo e

apenas um fraturou. Nenhum canal foi bloqueado com resina. Na maioria dos canais o comprimento de trabalho foi mantido (26 de 40). Em sete canais o preparo ficou 0,5 mm aquém do comprimento de trabalho e em sete além, sendo seis à 0,5 mm e um à 1 mm. O comprimento de trabalho foi melhor mantido em canais com curvaturas de 20 graus e os resultados foram estatisticamente significantes.

Em seqüência ao estudo, THOMPSON, DUMMER (1998 b) demonstraram que os instrumentos Quantec Series 2000 criaram muitos zips e cotovelos, como também um pequeno número de perfurações e degraus.

A lima de níquel-titânio Pow-R (Moyco Union Broach, York, PA, USA) é outra opção para a instrumentação mecanizada. Existem instrumentos com taper .02 de primeira e segunda séries. Quando dispostos com "taper" .04, apresentam-se com a primeira série completa mas, na segunda, somente com os instrumentos # 45 ao #60. Independentemente do taper, são encontrados com tamanhos de 21 e 25 mm e calibres no menor diâmetro correspondentes aos instrumentos standardizados. Esse instrumento não possui um contra-ângulo próprio para sua utilização e pode ser acoplado em qualquer motor, desde que apresente controle do número de rotações por minuto.

O propósito do trabalho de CAICEDO, CANTILLO, JIMENEZ (1997) foi comparar, através do método de BRAMANTE, BERBERT, BORGES (1987) a espessura de dentina remanescente das paredes distais de raízes mesiais de molares inferiores, antes e após a instrumentação, com limas K de aço-inoxidável com ponta inativa (Brasseler,

Savannah, GA, USA) e dois instrumentos de níquel-titânio: Quantec 2000 (NT Company, Chattanooga, USA) e limas Pow-R (Moyco-Union Broach, USA). Dos três instrumentos utilizados, o Quantec 2000 causou menor transportação. As condições dos instrumentos rotatórios, avaliadas em microscopia eletrônica de varredura, antes e após a instrumentação, mostraram algumas irregularidades e falhas nas limas Pow-R. O tempo de preparo com as limas de NiTi foi menor do que com as limas K manuais.

Com base na literatura analisada, podemos concluir que a instrumentação mecanizada reduz o tempo de trabalho para o preparo do canal radicular e, em determinadas situações clínicas, é mais efetiva do que a instrumentação manual. No entanto, a ocorrência de transportação do canal, formação de degrau, perfuração, sobre-instrumentação e zip são complicações que ainda não foram superadas na prática endodôntica. Problemas como a perda do comprimento de trabalho e principalmente deformações e fraturas dos instrumentos, em decorrência do movimento de rotação e da perda de sensibilidade tátil, são constantes e independem de qual equipamento é empregado.

Demonstrando preocupação em relação a perda do comprimento de trabalho ocasionada com a instrumentação mecanizada, STEFFEN, SPLIETH, BEHR (1999), desenvolveram um estudo com o objetivo de combinar diretamente o aparelho mecanizado Canal Leader (Set, Olching, Germany) com os localizadores apicais Root ZX e Justy. Cinquenta dentes unirradiculados, extraídos de humanos, com rizogênese completa foram utilizados. Após irrigação com hipoclorito de sódio a 1%, limas K #20, acopladas aos localizadores apicais, foram introduzidas nos canais até que o aparelho mostrasse a

marcação “0.5” e emitisse um sinal sonoro. Nesse momento, a lima foi mantida em posição, fixada com resina acrílica, e então, uma tomada radiográfica foi realizada para determinação do comprimento real. Os mesmos procedimentos foram realizados com o Canal Leader conectados aos localizadores apicais. A distância do vértice radiográfico à ponta da lima foi medida com régua milimetrada e comparada com os resultados obtidos pela determinação eletrônica com os aparelhos audiométricos. O Root ZX, em combinação com limas manuais, permitiu a inserção da ponta da lima a uma distância entre 0.5 e 1.5 mm aquém do vértice radiográfico em 96% dos casos. Quando em combinação com o Canal Leader, mostrou os mesmos resultados em 94% do espécimes. O Justy, combinado com limas manuais e com o Canal Leader, localizou a mesma distância citada acima, em 90% e em 98% dos casos, respectivamente. Os resultados mostraram uma boa aproximação do comprimento real àquele determinado pelos localizadores apicais aliados às limas manuais e com o Canal Leader.

Na tentativa de evitar os demais problemas decorridos com a instrumentação mecanizada, KOBAYASHI, YOSHIOKA, SUDA, em 1997, desenvolveram uma peça de mão que monitora eletronicamente a localização da ponta da lima e o torque que é aplicado ao instrumento, sendo capaz de estabelecer e manter o comprimento de trabalho ao mesmo tempo que executa a modelagem do canal radicular.

2.3 Tri Auto ZX

Neste seguimento, será apresentado o Tri Auto ZX com suas respectivas funções e mecanismos, bem como o estudo realizado, que deu origem a sua fabricação.

Segundo KOBAYASHI, YOSHIOKA, SUDA, 1997, o Root ZX foi adaptado a uma peça de mão (J. Morita MFG. Co., Kyoto, Japan). O tamanho da base do circuito eletrônico foi reduzido e o visor de cristal líquido, peculiaridade do Root ZX, foi substituído por um de diodo que emite luz (LED), com seis níveis. A velocidade de rotação da lima pode ser ajustada entre 150 e 300 r.p.m.

Foi desenvolvido um mecanismo automático de reversão apical. Quando a ponta da lima alcança a constricção apical, o movimento rotacional cessa e isto pode ser estabelecido para quaisquer dos quatro níveis do visor LED (0.5, 1, 1.5 e 2.0). O eletrodo do instrumento foi instalado no contra-ângulo e conectado ao Root ZX.

O aparelho obteve bons resultados clinicamente, contudo, maior precisão no controle de torque aplicado à lima foi necessário, para evitar sua fratura.

O modelo final foi denominado Tri Auto ZX (J. Morita MFG. Co., Kyoto, Japan) por possuir três mecanismos automáticos: 1. Mecanismo automático de liga/desliga, 2. Reversão de torque e 3. Reversão apical.

No mecanismo automático de liga/desliga, a lima inicia o movimento rotatório quando inserida no canal. O aparelho reconhece que o circuito entre a lima e o grampo labial, que é colocado na mucosa do paciente, foi fechado. A corrente para mensuração eletrônica do comprimento do dente é utilizada como um sinal que inicia a rotação da lima. O movimento rotacional cessa tão logo a lima seja removida do canal.

Se existe muito torque, o aparelho inverte a rotação da lima, de acordo com o mecanismo automático de reversão de torque. Esta função é controlada pela magnitude do fluxo de corrente que passa através do motor da peça de mão. Se a corrente exceder um limite específico, o microprocessador do aparelho detecta e altera a polaridade do fluxo de corrente. Como o motor utilizado é do tipo corrente contínua, a direção de rotação é invertida quando a polaridade de corrente é alterada. O limiar de torque para este mecanismo pode ser estabelecido em sete diferentes níveis. Este mecanismo foi desenvolvido para reduzir a fratura das limas e prevenir o travamento destas no canal radicular.

Por fim, o mecanismo automático de reversão apical foi desenvolvido para que, quando a ponta da lima alcançar as imediações da constricção apical, o aparelho também reverta a rotação do instrumento.

A posição onde o mecanismo automático de reversão apical é desencadeado, pode ser ajustado em um dos quatro níveis no visor LED. A posição da ponta da lima é visualizada nos oito níveis do visor. Quando a ponta da lima avança além do ponto selecionado, a rotação é invertida e um alarme contínuo é emitido pelo aparelho.

O motor é acionado com uma corrente de modulação de amplo pulso (PWM), que tem a função de reduzir o consumo de bateria. A autonomia desta é de 40 minutos sem necessidade de recarga.

Para minimizar a fratura de limas, o limiar de corrente para desencadear o mecanismo automático de reversão de torque teve de ser determinado. A relação entre o fluxo de corrente do motor, o torque aplicado à lima, a velocidade de rotação e a carga aplicada à lima foram examinados em dentes extraídos de humanos.

Neste caso, houve uma relação paralela entre o torque aplicado à lima e o fluxo de corrente do motor. Em geral, uma lima de maior diâmetro ou conicidade resultou em uma maior corrente. Contudo, quando uma lima de pequeno calibre foi utilizada, mas havia a presença de curvatura radicular severa ou constrictão do canal, também resultou em uma maior corrente.

A velocidade de rotação determinada foi de aproximadamente 240 a 280 r.p.m. Pequena mudança na velocidade de rotação foi observada durante o preparo usual. Quando a direção de inserção da lima foi desviada do longo eixo do canal radicular, a velocidade de rotação diminuiu muito e o fluxo de corrente do motor aumentou.

A carga máxima aplicada à lima foi de aproximadamente 800 gramas. À medida que a carga aumentava, o fluxo de corrente do motor também aumentava. Quando a carga aumentou, a velocidade de rotação decresceu.

Nos experimentos utilizando dentes extraídos, foi concluído que o limiar de torque para o mecanismo automático de reversão de torque deve ser ajustado entre 40 à 80 g-cm (correspondente a variação de corrente 100 - 120 mA) quando limas Profile ou Mc XIM foram utilizadas.

Se o limiar de torque fosse ajustado a menos que 30 g-cm, o mecanismo automático de reversão de torque tornaria-se muito sensível e responderia a mudanças muito pequenas do movimento da lima no canal. Isto causou freqüente inversão de rotação que resultou em perda da eficiência de corte.

A relação entre torque, velocidade e carga foram bastante afetadas pelo tamanho e forma da lima e a morfologia do canal radicular, e foi muito útil monitorar o fluxo de corrente do motor para evitar a fratura da lima.

Em função da presença desses mecanismos, o uso desse novo aparelho, em conjunto com o emprego de limas de níquel-titânio, parece promissor como auxiliar da execução de um preparo mecanizado mais seguro, rápido e eficiente.

2.4 Pesquisas que Avaliaram o Tri Auto ZX

IGARASHI, JABER, JOU et al. (1997) investigaram em microscópio (20 X), a influência da morfologia do forame apical na determinação do comprimento do dente com três diferentes localizadores apicais: Root ZX, Justy e Tri Auto ZX. Cinquenta e quatro raízes foram selecionadas e medidas com o auxílio de limas K #10 (bordo mais apical) acopladas aos aparelhos durante a mensuração eletrônica e essas medidas comparadas com o comprimento real dos dentes. Forames muito amplos foram observados em 15 dos 54 dos canais selecionados (28%), sendo que, 13 apresentavam diâmetros maiores que 0,5 mm de extensão e foram escolhidos para o experimento. Todos os localizadores apicais registraram leituras aquém em seis canais ($-0,48 \pm 0,10$ mm), enquanto outros seis, mostraram leituras além ($+0,56 \pm 0,05$ mm) do comprimento real. Em um canal não foi possível realizar a mensuração. Houve uma relação direta entre a existência de um forame amplo e a incorreta determinação do comprimento da raiz utilizando os localizadores apicais.

CAMPBELL, FRIEDMAN (1997) prepararam 30 canais radiculares de variadas curvaturas, com o auxílio do aparelho Tri Auto ZX. Após a utilização de brocas Gates-Glidden para o preparo dos terços cervical e médio, o comprimento de trabalho foi estabelecido com limas manuais e com o localizador apical do próprio aparelho, em 0,5 mm aquém do forame apical. Essa distância foi confirmada radiograficamente e registrada (X). O aparelho foi ajustado para o sistema da baixo torque, no nível "1", com reversão apical automática, e os canais instrumentados com limas Profile .04 e .06, pela técnica coroa-ápice.

A posição da última lima foi confirmada radiograficamente e a distância da sua ponta ao forame apical registrada (Y). Um cone principal foi assentado e o canal obturado pela técnica da condensação vertical com guta-percha e cimento Roth. Os dentes foram restaurados e uma radiografia final tomada. Para cada canal, a medida X foi reduzida de Y, avaliando assim, se o comprimento de trabalho foi mantido. Em todos os canais, Y ficou entre 0 e 0,5 mm de X. Nenhuma lima foi fraturada, nem tão pouco, notável perda do comprimento de trabalho foi evidente.

Já IGARASHI, NII, JOU et al. (1997) compararam "in vitro" a precisão de quatro aparelhos eletrônicos para a mensuração dos dentes: o Tri Auto ZX, Root ZX, Justy e o Sono Explorer Mk III. Foram utilizados 54 canais de dentes anteriores, pré-molares e molares, tanto superiores quanto inferiores. O terço apical das raízes e o eletrodo neutro foram imersos em solução salina. Limas K #10 foram utilizadas como eletrodos ativos e quando os localizadores indicavam o nível da constricção apical, as limas eram mensuradas e comparadas com a medida do comprimento real dos dentes. O desvio médio do comprimento real dos dentes foi calculado, sendo que para o Tri Auto ZX, Justy e Root ZX não houve diferenças significativas; $0,02 \pm 0,06$ mm, $0,04 \pm 0,05$ mm e $0,14 \pm 0,04$ mm, respectivamente. Contudo as medidas obtidas com o Sono Explorer Mk III mostraram maior desvio do comprimento real dos dentes ($0,85 \pm 0,05$ mm), revelando diferença significativa, quando comparado aos outros aparelhos testados. Em conclusão, o Tri Auto ZX, Justy e Root ZX demonstraram menores desvios da medida do comprimento real do que o Sono Explorer Mk III.

O objetivo do estudo de CAMPBELL, FRIEDMAN, NGUYEN et al.(1998) foi examinar, "in vitro", a extensão apical da instrumentação do canal radicular realizada com o Tri Auto ZX, bem como a sua capacidade em manter a integridade da constricção apical. Sessenta dentes unirradiculados, extraídos de humanos, foram medidos pelo método direto, com auxílio de uma lima manual Profile *series 29* #1. Cada dente foi embebido em um molde com alginato e o seu comprimento medido com o Tri Auto ZX utilizando seu registro eletrônico manual (EMR). O grampo labial do aparelho foi colocado no molde de alginato e após a irrigação com hipoclorito de sódio 2,5%, uma lima Profile #1 foi introduzida no canal radicular até a indicação "0,5", registrada no painel do aparelho. Depois do preparo cervical com brocas Gates-Glidden e do ajuste do aparelho para o sistema de baixo-torque, a instrumentação foi realizada utilizando o mecanismo de reversão apical nos níveis de "1", "1,5" e "2,0", para cada 20 dentes. O preparo dos canais foi conduzido com limas rotatórias Profile, até a de #7, e ao final da instrumentação, o comprimento desse instrumento foi medido. As diferenças entre o comprimento real e o comprimento eletrônico foram analisadas nos 60 canais, assim como, entre o comprimento eletrônico e o último instrumento, em cada 20 dentes instrumentados nos níveis de reversão apical. Um cone principal foi assentado de acordo com o comprimento do instrumento e os canais obturados pela técnica da condensação vertical com cimento Roth. Depois de remover os dentes dos blocos de alginato, os quatro milímetros apicais da cada dente foram expostos longitudinalmente, por desgaste, para a observação ou não da constricção apical. Em média, o comprimento eletrônico foi 0,54 mm menor do que o comprimento real. Quando o mecanismo automático de reversão foi utilizado no nível "1", o comprimento do instrumento foi em média, 0,1 mm menor do que o comprimento eletrônico. Do mesmo modo, essa

diferença foi menor 0,36 mm, no nível "1,5" e 1,30 mm no nível "2,0". A instrumentação no nível "1", utilizando o aparelho Tri Auto ZX, permaneceu próxima à constricção apical, mas a invasão da constricção ocorreu com frequência.

GOLDBERG, SOARES (1999) avaliaram "in vitro" a capacidade do Tri Auto ZX em determinar e manter o comprimento de trabalho durante a instrumentação. Após o preparo inicial e abertura coronária, o comprimento real dos dentes foi obtido pelo método direto, com o auxílio de uma lima K #15, por três operadores de forma independente. Então, foram realizados dois experimentos distintos: primeiramente (experiência A) os dentes foram montados em um recipiente plástico com os terços apicais submersos em solução fisiológica. A peça de mão Tri Auto ZX foi programada para trabalhar a 1 mm aquém do CRD no modo de máximo torque (H). Limas Profile .04 (Maillefer) #15 de 25 mm foram então inseridas nos canais. A partir do momento em que ocorria a reversão apical, um cursor de borracha era adaptado no bordo de referência, e a distância da ponta da lima ao cursor foi medida. Em seguida (experiência B), os condutos radiculares foram instrumentados no mesmo nível de reversão apical anterior com limas Profile .04 do #15 ao #35 e irrigados a cada troca de instrumento com 2 ml de soro fisiológico. O comprimento de trabalho alcançado com cada instrumento também foi medido da maneira já empregada. Dos 35 dentes avaliados na experiência A, o comprimento de trabalho alcançado foi correto em 97% (34 dentes), situando-se entre 0,5 e 1 mm aquém do CRD e, em apenas um caso o comprimento de trabalho ficou a 1,5 mm do CRD. No experimento B, dos 35 canais instrumentados a lima #35 alcançou o comprimento de trabalho correto em 13 dentes (37%) e nos 22 restantes (63%) o comprimento de trabalho só foi atingido com instrumentos de

menor calibre, a saber: em 17 (48,5%), com a lima #30, em 3 (8,5%) com a lima #25 e em dois (6%) com a lima #20. De acordo com os autores, a passagem para uma lima de maior calibre, produziu reversão de torque, devido ao excesso de pressão apical, resultando em perda do comprimento de trabalho. Em nenhum dente avaliado constatou-se sobre-instrumentação do forame apical.

3 PROPOSIÇÃO

Baseado na revisão de literatura apresentada e na introdução de um novo sistema que conjuga a instrumentação mecanizada com um localizador apical, é objetivo deste estudo a avaliação da precisão e confiabilidade do aparelho Tri Auto ZX em mensurar, preparar e manter o comprimento de trabalho para modelagem dos canais radiculares.

Para isso nos valem da metodologia descrita a seguir.

4 MATERIAL E MÉTODOS

Para realização deste estudo foram utilizados 60 caninos humanos, superiores e inferiores, com canal único e raízes completamente formadas, extraídos por razões desconhecidas.

Após a limpeza dos dentes, procedeu-se a abertura coronária, realizada com broca esférica carbide número 2 (S.S. White) em caneta de alta rotação (MRS 400, Dabi Atlante). A entrada do canal foi localizada e então preparada com broca diamantada número 2082 (KG Sorensen). A ponta de cúspide foi desgastada perpendicularmente ao longo eixo do dente com discos de carborundum em peça de mão acoplada a um micromotor (N 270, Dabi Atlante). Os canais foram irrigados com hipoclorito de sódio a 1% (BIODINÂMICA - Biodinâmica Química e Farmacêutica Ltda.) e a “patência” apical verificada com auxílio de uma lima K #10 (Maillefer, Ballaigues, Suíça).

4.1 Determinação do Comprimento Real dos Dentes pelo Método Direto (CRD)

Três examinadores executaram a mensuração direta dos dentes, introduzindo no canal uma lima K #15 com cursor, adaptado ao intermediário, até que a ponta do instrumento fosse visualizada, com auxílio de uma lupa (3,5 X), no bordo mais cervical do forame apical (Figura 1). Um dos examinadores manteve o dente e a lima em posição, enquanto um segundo deslizou o cursor com uma pinça clínica, até que o mesmo tangenciasse o bordo de referência. Após a remoção do instrumento, esse foi levado a um paquímetro (Starret 727-6/150) com resolução de 0,01 mm, para a mensuração (Figura 2).

Os valores finais foram obtidos pela média aritmética dos dois valores mais próximos entre as três medidas executadas. A casa centesimal do valor numérico foi retirada, com arredondamento dos valores (0.05 ↓ e 0.06 ↑). Os valores assim obtidos foram anotados em formulários apropriados (Tabela 1).

4.2 Determinação do Comprimento dos Dentes pelo Método Eletrônico (CED)

Para a obtenção do comprimento pelo método eletrônico, a coroa de cada dente foi fixada, na tampa de um cilindro plástico opaco, perfurado nas laterais. O conjunto cilindro/dente foi embutido em um recipiente retangular contendo esponja saturada de soro fisiológico (ASTER - Produtos Médicos Ltda., São Paulo), que banhava a raiz dental (Figura 3). O grampo labial do Tri Auto ZX foi também fixado ao recipiente retangular, ficando em contato com o soro fisiológico.

Procedeu-se então à irrigação do canal com hipoclorito de sódio a 1%. Utilizando o aparelho em seu registro eletrônico manual (EMR), uma lima K #15 conectada ao aparelho foi introduzida apicalmente até que o indicador "Apex", visualizado no painel do aparelho, acendesse uma luz e fosse emitido um som contínuo, indicando que o instrumento tinha alcançado o forame apical (Figuras 4 e 5). A apreensão e mensuração do instrumento foi procedida de maneira já citada anteriormente.

As medidas do comprimento eletrônico dos dentes (CED) encontram-se expressas na tabela 1.

4.3 Preparo dos canais e Determinação do Comprimento de Trabalho Eletrônico (CTE)

Os dentes foram divididos, aleatoriamente, em quatro grupos para a modelagem dos canais radiculares.

Nos dentes do Grupo I (15 dentes), o aparelho Tri Auto ZX (Figura 6) trabalhou no sistema de baixo torque com o mecanismo de reversão apical ajustado no nível "0.5" (Figura 7). A instrumentação dos canais foi procedida utilizando-se limas Pow-R (Moyco Union Broach, York, PA, USA) com movimento rotatório no sentido horário. Quando a lima alcançou o nível pré-estabelecido, o aparelho cessou o movimento e reverteu automaticamente a rotação para o sentido anti-horário.

O operador realizou o preparo mecânico sem o conhecimento do comprimento real dos dentes, iniciando com a lima #15 e limitando a modelagem ao instrumento #35. A ocorrência da reversão, a emissão do sinal sonoro e a indicação "0.5" acesa no painel indicaram que o nível da instrumentação desejado foi alcançado (Figura 8). Entre a utilização de cada lima, os canais foram irrigados com 2 ml de hipoclorito de sódio a 1% e os instrumentos foram substituídos após a modelagem de dez canais.

Como descrito para o Grupo I, nos Grupos II, III e IV, cada um com 15 dentes, foram realizados os mesmos procedimentos para a modelagem, entretanto, os níveis de reversão apical foram ajustados para "1", "1.5" e "2", respectivamente.

Concluída a instrumentação, a última lima empregada no preparo mecânico (#35) foi ajustada com cursores, no bordo de referência, no exato momento em que a reversão ocorreu. A lima calibrada foi removida e medida com o auxílio do paquímetro, obtendo-se com isso, o comprimento de trabalho de modelagem estabelecido pelo aparelho, que foi

denominado comprimento de trabalho eletrônico (CTE). Esse procedimento foi repetido para a confirmação da medida obtida. Os valores estão expressos nas tabelas 3, 5, 7 e 9.

Os valores, em milímetros, do comprimento dos dentes obtidos através dos métodos direto (CRD) e eletrônico (CED) foram tabulados e avaliados comparativamente, assim como o CED e o CTE, obtidos ao final da instrumentação em cada nível de reversão apical (grupos 1 - 4).

Na análise estatística, o teste “Z” ou da Distribuição Normal foi utilizado para determinar a confiabilidade entre o comprimento eletrônico dos dentes (CED) e o comprimento real (CRD).

Para a comparação dos níveis demarcados no aparelho e o comprimento de trabalho eletrônico (CTE), o teste *t* de Student foi o método estatístico empregado.



Figura 1: Determinação do Comprimento Real do Dente (CRD)

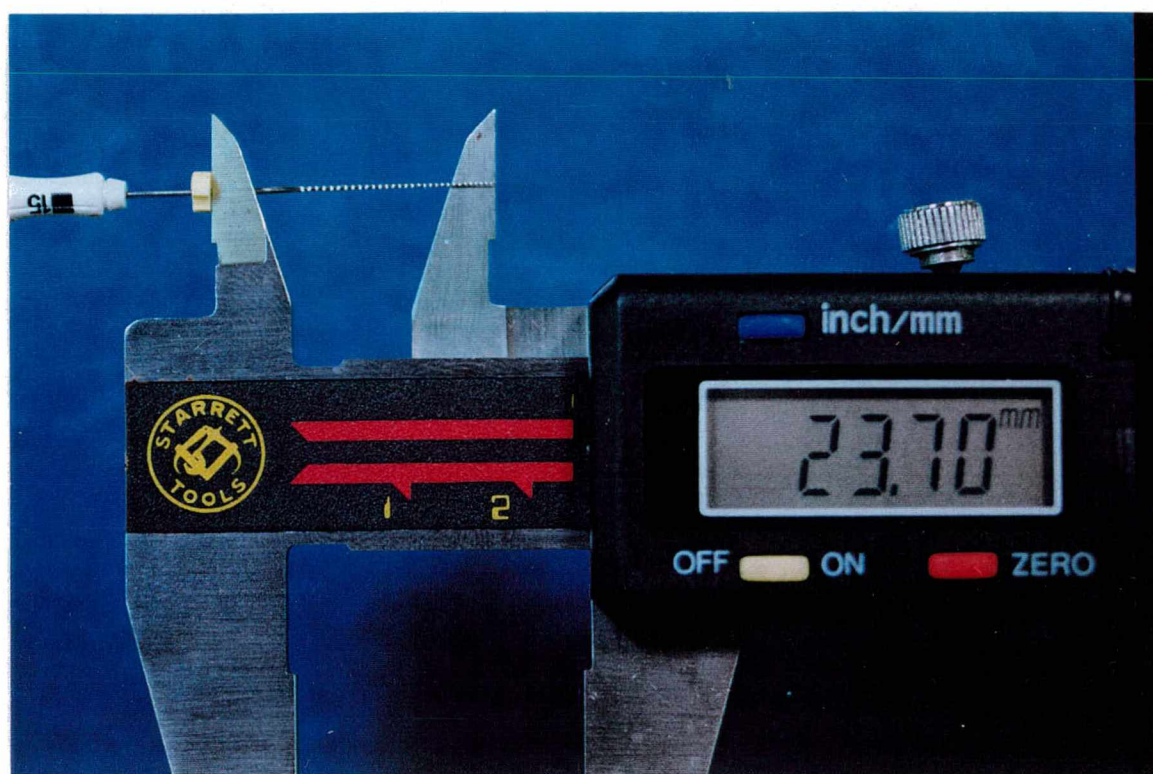


Figura 2: Mensuração da lima com auxílio do paquímetro



**Figura 3: Dente fixado na tampa de um cilindro plástico opaco perfurado nas laterais.
Conjunto cilindro-dente embutido em recipiente retangular contendo esponja saturada em soro fisiológico**

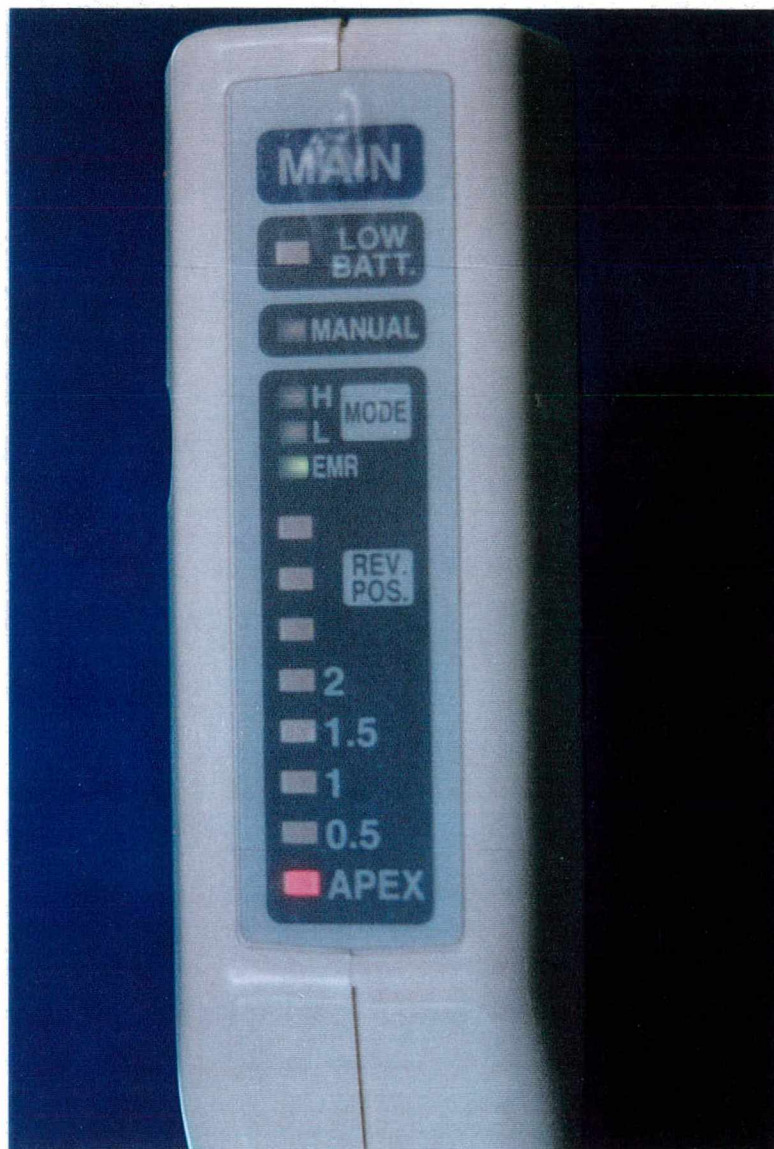


Figura 4: Aparelho ajustado no modo EMR para determinação do Comprimento Eletrônico do Dente (CED)



Figura 5: Determinação do Comprimento Eletrônico do Dente (CED)



Figura 6: Aparelho Tri Auto ZX

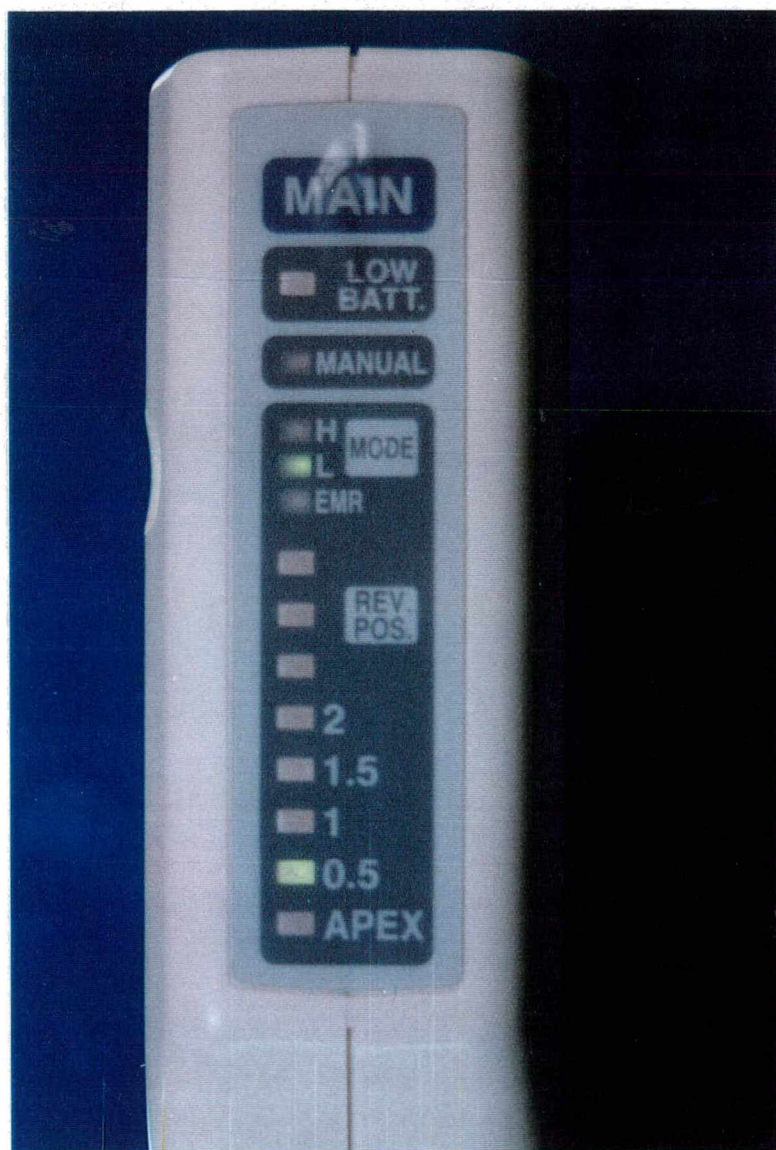


Figura 7: Aparelho ajustado no modo de baixo torque com mecanismo de reversão apical no nível “0.5”



Figura 8: Determinação do Comprimento de Trabalho Eletrônico (CTE)

5 RESULTADOS

Os resultados encontram-se expressos nas tabelas de número 1 a 10.

5.1 Relação entre o Comprimento Real dos Dentes (CRD) e o Comprimento Eletrônico dos Dentes (CED)

A tabela 1 revela os valores numéricos, expressos em milímetros, do comprimento real (CRD) e o comprimento eletrônico (CED) dos 60 dentes utilizados no experimento. Apresenta também a diferença encontrada entre as duas mensurações. Os valores negativos e positivos representam medidas aquém e além do forame apical, respectivamente.

Avaliando a tabela 2, a qual completa a 1, é possível perceber que em dois dentes (3,3%), a posição da ponta do instrumento estabeleceu-se além do limite do forame apical. Pode-se verificar que diferenças de -0.6 a -1.0 mm do forame foram encontradas em oito dentes (13,4%), ou seja, o CED permaneceu aquém do CRD. Entretanto, na grande maioria (50 dentes - 83,3%), a diferença estabeleceu-se entre 0.0 e -0.5 mm. É importante salientar que em apenas quatro espécimes ocorreu com exatidão a equivalência numérica entre as duas medidas.

A média das diferenças entre o CRD e o CED foi de -0.3 mm (Tabela 1), o que evidencia que o comprimento dos dentes fornecido pelo aparelho (CED) manteve-se em média a 0.3 mm aquém do comprimento real (CRD).

5.2 Relação entre o Comprimento Eletrônico dos Dentes (CED) e o Comprimento de Trabalho Eletrônico (CTE)

A segunda parte dos resultados relaciona os valores, expressos em milímetros, entre o comprimento eletrônico dos dentes (CED) e o comprimento de trabalho eletrônico (CTE) fornecido pelo aparelho em cada um dos níveis de reversão apical previamente estabelecidos (“0.5”, “1”, “1.5” e “2”).

A tabela 3 expressa esses resultados e a diferença entre o CED e o CTE para os dentes do grupo I (nível “0.5”), os quais correlacionados com a tabela 4, evidenciam as distâncias entre o CTE e o CED. Durante a instrumentação, nenhuma lima ultrapassou o comprimento eletrônico; 11 (73,4%) mantiveram-se entre 0.0 e -0.5 mm e quatro (26,6%) entre -0.6 e -1.0 mm.

A média das diferenças encontradas foi de -0.4 mm, o que representou que os instrumentos utilizados durante a modelagem mantiveram-se em média 0.4 mm aquém do comprimento eletrônico obtido pelo aparelho em seu registro eletrônico manual.

A tabela 5 apresenta as medidas do CED e CTE, bem como a diferença entre elas, para os dentes do Grupo II (nível “1”). Para este grupo, a média obtida entre as duas medidas foi de -0.6 mm (o CTE manteve-se 0.6 mm aquém do CED).

A tabela 6 completa a 5 e demonstra que neste grupo nenhum instrumento ultrapassou o CED durante a modelagem. Em sete dentes (46,7%) os instrumentos mantiveram-se entre 0.0 a -0.5 mm aquém do CED e em outros sete (46,7%) entre -0.6 a -1.0 mm. Somente em um dente (6,6%) a distância entre o CTE e o CED foi maior que -1.0 mm.

A tabela 7 apresenta as medidas do CED e CTE, bem como a diferença entre elas, para os dentes do Grupo III (nível “1.5”). Para este grupo a média obtida entre as duas medidas foi de -1.2 mm (o CTE manteve-se 1.2 mm aquém do CED).

A tabela 8 completa a 7 e demonstra que neste grupo nenhum instrumento ultrapassou o CED durante a modelagem. Em seis dentes (40%) essa distância manteve-se aquém entre -0.6 e -1.0 mm; em oito (53,4%) ocupou a distância entre -1.1 e -1.5 mm e em apenas um dente (6,6%) foi maior que -1.5 mm.

Finalmente no grupo IV (nível “2”), os resultados e a diferença entre as duas mensurações estão representados nas tabelas 9 e 10. A diferença média encontrada nestes 15 dentes entre as duas medidas foi de -1.4 mm, o que significa que as limas utilizadas durante a instrumentação mantiveram-se em média 1.4 mm aquém do comprimento eletrônico dos dentes (Tabela 9). Nesses 15 dentes, cinco medidas (33,4%) permaneceram entre 0.6 e 1.0 mm aquém do CED; cinco (33,3%) entre 1.1 e 1.5 e outros cinco (33,3%) mantiveram-se a mais de 1.5 mm do CED. Em um dos dentes (nº. 54) verificou-se uma distância muito reduzida para o nível de reversão utilizado e em outros dois (nº. 50 e 53), valores maiores que 2.0 mm aquém do CED.

Quando os resultados foram submetidos à análise estatística, o teste “Z” ou da Distribuição Normal (Quadro 1) não revelou diferenças significativas entre o comprimento real (CRD) e o comprimento eletrônico (CED).

Comparando o comprimento de trabalho eletrônico (CTE) com a indicação fornecida pelo aparelho em cada um dos níveis analisados, podemos observar que, segundo o teste *t* de Student, somente no grupo 1 (nível “0.5”) não houve diferença estatística significativa entre o CTE e o nível demarcado ($p = 0,1828$). Entretanto, para os

três grupos restantes, as diferenças encontradas foram estatisticamente significantes ($p < 0,0001$), ($p = 0,0027$) e ($p = 0,0009$), respectivamente para os grupos 2, 3 e 4.

Ainda com relação ao comprimento de trabalho eletrônico, se for respeitado o limite de tolerância (± 0.5 mm) recomendado pelo fabricante, encontraremos frequências de 100%, 93,3%, 80,0% e 40% de precisão para os níveis de reversão apical “0.5”, “1”, “1.5” e “2”, respectivamente.

Tabela 1: Valores numéricos (mm) referentes à relação CRD* X CED*:

	CRD	CED	Diferença		CRD	CED	Diferença
1	18.6	18.3	-0.3	31	23.0	22.9	-0.1
2	17.9	17.8	-0.1	32	23.7	23.8	+0.1
3	19.9	19.8	-0.1	33	23.4	23.0	-0.4
4	20.1	19.3	-0.8	34	23.5	23.0	-0.5
5	19.5	19.3	-0.2	35	23.6	22.9	-0.7
6	20.1	20.0	-0.1	36	23.8	23.3	-0.5
7	21.6	21.6	0.0	37	23.6	22.7	-0.9
8	21.7	21.6	-0.1	38	24.6	24.6	0.0
9	22.4	22.1	-0.3	39	24.0	23.7	-0.3
10	23.7	23.4	-0.3	40	24.4	24.1	-0.3
11	23.8	24.0	+0.2	41	21.6	21.5	-0.1
12	22.4	22.2	-0.2	42	24.3	23.6	-0.7
13	23.3	23.0	-0.3	43	24.9	24.1	-0.8
14	23.3	23.2	-0.1	44	25.4	25.0	-0.4
15	23.7	23.4	-0.3	45	23.8	23.8	0.0
16	23.1	22.5	-0.6	46	22.5	22.1	-0.4
17	22.7	22.2	-0.5	47	24.3	24.1	-0.2
18	23.0	22.5	-0.5	48	24.4	24.0	-0.4
19	23.3	22.8	-0.5	49	24.6	24.3	-0.3
20	22.8	22.6	-0.2	50	24.6	24.4	-0.2
21	21.9	21.8	-0.1	51	24.1	23.6	-0.5
22	22.7	22.6	-0.1	52	25.1	24.8	-0.3
23	22.7	22.4	-0.3	53	25.3	24.9	-0.4
24	24.4	24.1	-0.3	54	21.2	20.9	-0.3
25	22.2	21.6	-0.6	55	21.6	21.4	-0.2
26	21.8	21.6	-0.2	56	23.1	22.8	-0.3
27	23.2	22.7	-0.5	57	23.7	23.3	-0.4
28	23.2	23.0	-0.2	58	21.8	21.8	0.0
29	22.4	22.2	-0.2	59	21.6	21.0	-0.6
30	23.1	22.6	-0.5	60	22.4	22.0	-0.4
Média							-0.3

CRD*: Comprimento Real do Dente

CED*: Comprimento Eletrônico do Dente

Tabela 2: Posição da ponta do instrumento em relação ao CRD no momento em a que indicação “Apex” é acesa no painel do aparelho.

Posição da ponta do instrumento	Numero de dentes	%
Além	2	3,3
0 - 0.5 mm	50	83,3
0.6 - 1.0 mm	8	13,4
> 1.0 mm	0	0
Total	60	100

**Tabela 3: Valores numéricos (mm) referentes à relação CED* X CTE*
(Grupo I: “0.5”)**

	CED	CTE	Diferença
1	18.3	17.8	-0.5
2	17.8	17.5	-0.3
3	19.8	19.5	-0.3
4	19.3	19.1	-0.2
5	19.3	19.0	-0.3
6	20.0	19.6	-0.4
7	21.6	20.9	-0.7
8	21.6	20.9	-0.7
9	22.1	22.0	-0.1
10	23.4	22.9	-0.5
11	24.0	23.8	-0.2
12	22.2	21.4	-0.8
13	23.0	22.6	-0.4
14	23.2	23.0	-0.2
15	23.4	22.7	-0.7
Média			-0.4

Tabela 4: Posição da ponta do instrumento em relação ao CED no momento em que o aparelho reverteu a rotação no nível “0.5” - Grupo I.

Distância do CED	Número de dentes	%
Além	0	0
0 - 0.5 mm	11	73,4
0.6 - 1.0 mm	4	26,6
> 1.0 mm	0	0
Total	15	100

CED*: Comprimento Eletrônico do Dente

CTE*: Comprimento de Trabalho Eletrônico

**Tabela 5: Valores numéricos (mm) referentes à relação CED* X CTE*
(Grupo II: "1")**

	CED	CTE	Diferença
16	22.5	21.7	-0.8
17	22.2	21.6	-0.6
18	22.5	21.6	-0.9
19	22.8	22.0	-0.8
20	22.6	22.1	-0.5
21	21.8	21.3	-0.5
22	22.6	22.0	-0.6
23	22.4	21.9	-0.5
24	24.1	23.6	-0.5
25	21.6	21.1	-0.5
26	21.6	20.9	-0.7
27	22.7	22.2	-0.5
28	23.0	22.6	-0.4
29	22.2	21.1	-1.1
30	22.6	21.8	-0.8
Média			-0.6

Tabela 6: Posição da ponta do instrumento em relação ao CED no momento em que o aparelho reverteu a rotação no nível "1" - Grupo II.

Distância do CED	Número de dentes	%
Além	0	0
0 - 0.5 mm	7	46,7
0.6 - 1.0 mm	7	46,7
> 1.0 mm	1	6,6
Total	15	100

CED*: Comprimento Eletrônico do Dente

CTE*: Comprimento de Trabalho Eletrônico

**Tabela 7: Valores numéricos (mm) referentes à relação CED* X CTE*
(Grupo III: "1.5")**

	CED	CTE	Diferença
31	22.9	21.9	-1.0
32	23.8	22.3	-1.5
33	23.0	21.1	-1.9
34	23.0	22.0	-1.0
35	22.9	22.0	-0.9
36	23.3	22.7	-0.6
37	22.7	21.7	-1.0
38	24.6	23.2	-1.4
39	23.7	22.3	-1.4
40	24.1	22.7	-1.4
41	21.5	20.2	-1.3
42	23.6	22.5	-1.1
43	24.1	23.3	-0.8
44	25.0	23.8	-1.2
45	23.8	22.4	-1.4
Média			-1.2

Tabela 8: Posição da ponta do instrumento em relação ao CED no momento em que o aparelho reverteu a rotação no nível "1.5" - Grupo III.

Distância do CED	Número de dentes	%
Além	0	0
0 - 0.5 mm	0	0
0.6 - 1.0 mm	6	40
> 1.0 mm	8	53,4
> 1.5 mm	1	6,6
Total	15	100

CED*: Comprimento Eletrônico do Dente

CTE*: Comprimento de Trabalho Eletrônico

**Tabela 9: Valores numéricos (mm) referentes à relação CED* X CTE*
(Grupo IV: “2”)**

	CED	CTE	Diferença
46	22.1	20.9	-1.2
47	24.1	22.7	-1.4
48	24.0	22.8	-1.2
49	24.3	22.4	-1.9
50	24.4	21.9	-2.5
51	23.6	22.2	-1.4
52	24.8	23.8	-1.0
53	24.9	22.5	-2.4
54	20.9	20.3	-0.6
55	21.4	20.4	-1.0
56	22.8	21.1	-1.7
57	23.3	22.4	-0.9
58	21.8	20.2	-1.6
59	21.0	19.5	-1.5
60	22.0	21.1	-1.0
Média			-1.4

Tabela 10: Posição da ponta do instrumento em relação ao CED no momento em que o aparelho reverteu a rotação no nível “2” - Grupo IV.

Distância do CED	Número de dentes	%
Além	0	0
0 - 0.5 mm	0	0
0.6 - 1.0 mm	5	33,4
> 1.0 mm	5	33,3
> 1.5 mm	5	33,3
Total	15	100

CED*: Comprimento Eletrônico do Dente

CTE*: Comprimento de Trabalho Eletrônico

Quadro 1: Média, desvio padrão e mediana entre as mensurações do CRD e CED
Teste “Z” ou da Distribuição Normal.

	CRD	CED
Média (X)	22.87	22,56
Desvio Padrão (s)	1,57	1,55
Mediana (Md)	23,15	22,75
Teste “Z” = 1,099 (p = 0,2714)		

Quadro 2: Média, desvio padrão, resultado do teste *t* de Student e significância para os níveis de reversão apical (CTE):

	“0.5”	“1”	“1.5”	“2”
Média (X)	0,4	0,6	1,2	1,4
Desvio Padrão (s)	0,22	0,192	0,326	0,537
Valor do teste (<i>t</i>)	-1,40	6,98	3,64	4,18
Significância (p)	0,1828	0,0001	0,0027	0,0009

6 DISCUSSÃO

A proposição da endodontia atual é de facilitar as manobras operatórias, dispender um menor tempo possível e buscar uma melhor qualidade final, tanto no preparo mecânico como na obturação dos canais radiculares.

Independentemente da técnica utilizada ou da morfologia e composição do instrumento, o objetivo básico do preparo permanece inalterado, ou seja, a obtenção de um canal uniforme e cilíndrico-cônico, respeitando-se a junção cimento-dentinária (limite cimento-dentina-canal ou CDC) (KUTTLER, 1955; COHEN, BURNS, 1994).

Nesse limite é que a endodontia deve ser realizada e para alcançá-lo, os aparelhos eletrônicos para a determinação do comprimento dos dentes são aliados muito valiosos, como já foi descrito.

Paralelamente à evolução dos aparelhos audiométricos, a instrumentação mecanizada também tem recebido aperfeiçoamento. Primeiramente, com os instrumentos de aço-inoxidável, que, apesar da principal dificuldade encontrada ser a fratura, devido ao movimento de rotação, apresentam-se com menores índices de transportação e formação de degraus, bem como canais mais regulares em seu formato em relação à instrumentação manual (GILLES, DELRIO, 1990; LESENBERG, MONTGOMERY, 1991; ZMENER, SPIELBERG, 1994; SAUNDERS, SAUNDERS, 1994; SYDNEY, ESTRELA, CARRASCOZA, et al., 1995; SYDNEY, PESCE, BATISTA, 1997; HANKINS, ELDEEB, 1996; ALEXANDER, CARNES, GILLES, 1997).

Mais recentemente, com o surgimento da liga de níquel-titânio (NiTi) o preparo mecânico dos canais radiculares tem sido ainda mais aprimorado e facilitado pelas características já demonstradas de tais instrumentos.

Um fator que ainda não foi abordado, é que uma melhor conicidade é obtida com esses instrumentos, devido ao diferente “taper” apresentado, pois a conicidade pode não obedecer às normas de standardização. Esta justificativa esta alicerçada no conceito de ampliação reversa, o que facilita o acesso à região apical durante o preparo mecânico, à irrigação e também à obturação (GLOSSON, HALLER, DOVE, et al., 1995; THARUNI, PARAMESWARAN, SUKUMARAN, 1996; ROIG-CAYÓN, BASILIO-MONNÉ, ABÓS-HERRÁNDIZ, et al., 1997; SYDNEY, 1997; CAICEDO, CANTILLO, JIMENEZ, 1997; FRICK, WALIA, DEGUZMAN et al., 1997; SHORT, MORGAN, BAUMGARNER, 1997; PORTENIER, LUTZ, BARBAKOW, 1998; KAVANAGH, LUMLEY, 1998).

Outro enfoque sobre a instrumentação mecanizada diz respeito a redução na extrusão de debris, devido também a maior conicidade dos instrumentos, que causam maior amplitude dos terços cervical e médio, o que favorece o refluxo da solução irrigadora e dos detritos contidos nos canais radiculares. Ainda pelo movimento rotacional, imposto às limas de níquel-titânio, há uma tendência natural de remoção dos debris à medida em que o instrumento avança em direção ao comprimento de trabalho (REDDY, LAMAR, 1998; BEESON, HARTWELL, TRONTON, 1998).

Foi nesse conceito: localização do forame apical com aparelho audiométrico conjugado à instrumentação mecanizada, que este trabalho foi alicerçado.

6.1 Quanto à metodologia

Com relação à metodologia empregada, foram utilizados 60 caninos, com canal único, entre retos e com variadas curvaturas. Em um primeiro momento esses dentes, foram mensurados pelo método direto, com auxílio de uma lima K #15 até que esta fosse visualizada através de uma lupa (3,5 X) no bordo mais cervical do forame. Excetuando o estudo de WHITE, AUSTIN, WALIA (1996), no qual a localização do forame se fez no seu bordo mais apical, a grande maioria dos trabalhos descritos na literatura demonstrou, que a obtenção do comprimento real dos dentes foi realizada de modo semelhante a este experimento.

Para a determinação do comprimento dos dentes pelo método eletrônico foi utilizada metodologia similar à introduzida por AURÉLIO, NAHMÍAS, GERSTEIN (1983) e modificada por HUANG (1987), que demonstrou que os valores da resistência elétrica são fenômenos puramente físicos, e então podem ser avaliados “in vitro” em modelos experimentais. FELIPPE, SOARES (1994) e FELIPPE, LUCENA, SOARES (1997) também utilizaram a mesma metodologia, onde os espécimes foram fixados pela coroa na parte superior de um cilindro plástico perfurado e a raiz permaneceu mergulhada em soro fisiológico que preencheu um recipiente retangular.

No experimento dos autores acima, o soro fisiológico além de preencher o recipiente, foi usado para irrigação dos canais durante a mensuração eletrônica. Neste estudo, como um dos objetivos foi também a modelagem, os canais foram irrigados com hipoclorito de sódio a 1%, mesmo na fase da determinação do CED, por ser mais efetivo quanto à limpeza do que o soro fisiológico.

O hipoclorito de sódio comparado ao soro fisiológico e ao canal seco, não exerceu nenhuma diferença significativa nas mensurações realizadas pelo Root ZX (KATZ, MASS, KAUFMAN, 1996; KAUFMAN, FUSS, KEILA, 1997).

Para a determinação do CED, OUNSI, NAAMAN (1999) reportaram que, quando o Root ZX foi programado no nível “Apex” para o registro do comprimento eletrônico, obteve melhor precisão (84,72%) do que na demarcação “0.5”(50%).

Neste experimento o Tri Auto ZX, utilizando seu registro eletrônico manual, foi ajustado no nível “0.5”, seguindo recomendação do fabricante. Entretanto, após o estabelecimento desse nível, a lima foi avançada apicalmente até que a luz do indicador “Apex”, visualizado no painel, fosse acesa e o aparelho emitisse um som contínuo, indicando que o instrumento alcançou o forame apical. A lima foi então mensurada, obtendo-se com isso o comprimento eletrônico dos dentes (CED).

Outros estudos (SHABAHANG, GOON, GLUSKIN, 1996; KATZ, MASS, KAUFMAN, 1996; VAJRABHAYA, TEPMONGKOL, 1997; CAMPBELL, FRIEDMAN, 1997; CAMPBELL, FRIEDMAN, NGUYEN, 1998) também ajustaram os localizadores apicais no nível “0.5” (constricção) para a medida dos dentes pelo método eletrônico, entretanto não avançaram apicalmente até o indicador “Apex” se tornar iluminado. Então, nesses trabalhos, para a comparação da medida real com a eletrônica, sempre foi necessária a redução de pelo menos 0.5 mm equivalente à constricção, o que pode causar pequenas diferenças de interpretação na análise dos resultados. Para evitar essas possíveis complicações, o presente estudo procurou comparar a medida eletrônica com a direta, ambas obtidas, do bordo de referência até o forame apical.

Os instrumentos foram submetidos aos níveis de reversão apical durante a modelagem, de acordo com os quatro grupos. Em todos os canais, a instrumentação foi limitada ao calibre 35. Há um consenso na literatura endodôntica em relação à instrumentação mecanizada, onde é reportado que, quando o preparo mecânico da porção apical é realizado com instrumentos de calibre maior que o número 35, decorrem maiores diferenças entre o preparo manual e o mecanizado, principalmente em canais curvos, no que diz respeito à transportação e alterações na morfologia do canal.

Todavia não foi objetivo deste trabalho a análise de tais diferenças. Desta forma, a modelagem se restringiu ao #35 com as limas de níquel-titânio, da mesma maneira em que foram utilizadas em estudos como os de THOMPSON, DUMMER (1997 a); SHORT, MORGAN, BAUMGARTNER (1997); SYDNEY (1997); KAVANAGH, LUMLEY (1998), nos quais a transportação dos canais radiculares não foi evidenciada.

Com relação à progressão das limas durante a modelagem, apesar do constante acionamento do mecanismo de reversão de torque, em decorrência de uma maior atresia ou curvatura do canal, em nenhum espécime, foram encontradas dificuldades para se alcançar o comprimento de trabalho estabelecido previamente (níveis de reversão apical).

Ao contrário, GOLDBERG, SOARES (1999), relataram que a lima #35 alcançou o correto comprimento de trabalho em apenas 37% dos canais instrumentados utilizando o aparelho Tri Auto ZX. Entretanto, esses autores consideraram perda do comprimento de trabalho qualquer reversão de torque evidenciada antes da reversão apical. Diferentemente da presente pesquisa que, quando a reversão ocorria e o nível estabelecido ainda não tinha sido alcançado, a lima utilizada anteriormente era novamente empregada.

Alguns trabalhos têm relatado a ocorrência de fratura dos instrumentos de níquel-titânio ou deformações em sua morfologia (RAMIREZ-SALOMON, SOLER-BIENTZ, GARÇA-GONZÁLEZ et al., 1997; THOMPSON, DUMMER, 1997 b ; CAICEDO, CANTILLO, JIMENEZ, 1997; BRYANT, THOPSON, AL-OMARI, 1998 a). Isso ocorre pela dificuldade da instrumentação de canais com severas curvaturas e/ou atresias, quando se excede o número de usos recomendado pelo fabricante. A própria técnica de produção dos instrumentos pode causar zonas de fragilidade nos mesmos, e ainda, alguns experimentos são realizados em canais simulados em blocos de resina, materiais estes, de maior dureza quando comparados à dentina.

CAICEDO, CANTILLO, JIMENEZ (1997) utilizaram limas Pow-R para o preparo de canais de dentes extraídos de humanos, de modo semelhante a este estudo e, após análise em microscopia eletrônica de varredura, demonstraram algumas falhas e irregularidades nessas limas.

Já CAMBELL, FRIEDMAN, NGUYEN et al. (1998) utilizaram o Tri Auto ZX com limas Profile .04 e notaram através de análise visual que, durante a instrumentação de 60 canais de dentes extraídos de humanos, cinco limas apresentaram distorções, mas nenhuma fratura.

Neste experimento, após a modelagem as limas também foram analisadas quanto às alterações na sua morfologia. Embora tenha sido uma análise menos criteriosa, executada com lupa (3,5 X), nenhum instrumento empregado sofreu deformação ou fratura. Isto pode ser atribuído ao mecanismo de reversão de torque do aparelho que previne a fratura dos instrumentos, quando uma resistência maior é encontrada.

Ainda que alguns experimentos tenham demonstrado a possibilidade de ocorrência de compactação de dentina com a instrumentação mecanizada (BEESON, HARTWELL, TRONTON et al., 1998; REDDY, LAMAR, 1998) em nenhum espécime deste estudo foi observado bloqueio do canal radicular, que impedisse ao instrumento alcançar o comprimento de trabalho. Isso reafirma a capacidade que esses instrumentos possuem de diminuir a extrusão de debris, em função do movimento de rotação, onde há a tendência do refluxo dos detritos.

6.2 Quanto aos Resultados

Como o fabricante admite uma pequena margem de erro ou limite de tolerância, que é aceitável clinicamente, até por problemas inerentes ao próprio operador, quando os valores estiverem a ± 0.5 mm do comprimento real (CRD), os resultados deste experimento, analisando o aparelho testado somente em seu registro eletrônico manual (Comprimento Eletrônico do Dente: CED), estão muito próximos aos obtidos em outros trabalhos onde também foram utilizados o Root ZX e o Tri Auto ZX.

Neste estudo foi encontrada uma precisão de 86,6% (± 0.5 mm) na localização do forame apical, sendo que dos 60 dentes, dois mostraram medidas além da real (+0.2mm e +0.1mm), 50 permaneceram entre 0.0 e 0.5 mm aquém do forame e os demais mantiveram-se com valores menores ou iguais a 0.6 mm aquém do mesmo.

Resultados estes muito próximos aos obtidos por DUNLAP, REMEIKIS, BEGOLE, et al. (1998) que encontraram uma precisão de 82,3% na localização do forame apical, PAGAVINO, PACE, BACCETTI (1998) conseguiram um índice de 82,75%, SHABAHANG, GOON, GLUSKIN (1996) concluíram que o Root ZX foi capaz de

localizar o forame com 96,2% de confiabilidade, FELIPPE, LUCENA, SOARES (1997), 96,4% e VAJRABHATA, TEPMONKOL (1996) com 100% de precisão.

A diferença média entre as medidas fornecidas pelo aparelho (CED) e o comprimento real (CRD) foi de -0.3 mm, similar à registrada por CAMPBELL, FRIEDMAN, NGUYEN et al. (1998) que foi de -0.54 mm. Entretanto neste experimento as limas foram medidas de acordo com a indicação “Apex”, fornecida pelo Tri Auto ZX, enquanto que no trabalho realizado pelos autores citados acima, o nível estabelecido foi “0.5”. IGARASHI, NII, JOU et al. (1997) encontraram um desvio médio ainda menor, sendo, na ordem de -0.02 mm aquém do comprimento real para o Tri Auto ZX e -0.14 mm para o Root ZX.

Essas diferenças podem ocorrer devido ao fato do aparelho localizar a parte mais cervical do forame apical, que não é visível na inspeção visual (método direto). Isto é uma característica positiva porque, teoricamente, mantém o instrumento no interior do canal radicular.

Na análise dos resultados encontrados, comparando-se o comprimento eletrônico do dente (CED) com o comprimento de trabalho eletrônico (CTE), pode-se concluir que quando o nível de reversão “0.5” foi utilizado, a diferença média entre as duas medidas foi de -0.4 mm (entre -0.1 e -0.8), ou seja, a proposta do aparelho é de registrar o nível de reversão a 0.5 mm aquém do CED, entretanto o nível desejado ficou a 0.4 mm aquém do CED. No nível “1” foi de -0.6 mm (entre -0.4 e -1.1) e para os níveis “1.5” e “2”, -1.2 mm (entre -0.6 e -0.9) e -1.4 mm (entre -0.6 e -2.5), respectivamente.

Estes resultados, estão próximos aos obtidos por CAMPBELL, FRIEDMAN, NGUYEN (1998) onde para os níveis de reversão apical “1”, “1.5” e “2” concretizaram

valores das diferenças médias entre o CED e o CTE de -0.1, -0.36 e -1.30 mm, respectivamente. Todavia, os autores utilizaram o indicador “0.5” (constricção apical) para a mensuração do comprimento eletrônico dos dentes (CED) e não o “Apex” como foi realizado neste estudo. Então, os valores -0.1, -0.36 e -1.30 deveriam ser somados à distância de -0.54 mm, que foi a diferença média encontrada entre o CRD e o CED no trabalho dos autores, perfazendo agora os comprimentos de -0.64, -0.90 e -1.80 mm, respectivamente.

Muito embora não fosse objetivo do presente estudo, mas uma correlação entre forame alargado ou de maior amplitude e maior dificuldade na mensuração pôde ser observada, pela obtenção de leituras menores que a média da diferença entre as mensurações. Um dos dentes do grupo III, que apresentou essa alteração morfológica no forame é um exemplo, onde a diferença foi marcante (-1.9 mm). Outros dois dentes do grupo IV também apresentaram essa mesma característica, revelando também leituras menores que a média, sendo de -2.5 e -2.4 mm de diferença.

IGARASHI, JABER, JOU et al. (1997) reportaram que a incorreta localização do forame apical pode ser em parte devido a presença do forame alargado.

Avaliando a manutenção do comprimento de trabalho realizado com esse aparelho, apesar dos achados demonstrarem que somente no nível “0.5” não foi encontrada diferença significativa em relação ao que o aparelho se propõe, se for respeitado o limite de tolerância (± 0.5 mm) recomendado pelo fabricante, encontraremos frequências de 100%, 93,3%, 80,0% e 40% de precisão para os níveis de reversão apical “0.5”, “1”, “1.5” e “2”, respectivamente.

Devido a estes índices demonstrados pressupõe-se que, excetuando-se o nível “2”, os demais podem ser considerados confiáveis durante a utilização do aparelho Tri Auto ZX, o que corroborou com o estudo de CAMPBELL, FRIEDMAN, NGUYEN et al. (1998), onde as diferenças mais marcantes também foram encontradas no nível “2”.

O presente trabalho demonstrou que a instrumentação mecanizada do canal radicular pode ser monitorada pelo localizador apical, e que, quanto mais próximo do forame for realizado o preparo, maior precisão será encontrada.

Outras avaliações a respeito da precisão e confiabilidade deste método eletrônico em condições clínicas se fazem necessárias e devem ser conduzidas em futuros estudos.

7 CONCLUSÕES

Frente aos resultados obtidos, podemos concluir que:

1. O aparelho Tri Auto ZX, em seu registro eletrônico manual (EMR) foi capaz de localizar o forame apical com precisão de 86,6%, respeitando-se o nível de tolerância de $\pm 0,5$ mm.
2. Quando comparados o comprimento de trabalho eletrônico com os diferentes níveis demarcados no aparelho, a análise estatística demonstrou que somente no nível “0.5” não foram encontradas diferenças significativas.
3. Com relação à manutenção do comprimento de trabalho, foram encontradas freqüências de 100%, 93,3%, 80,0% e 40,0% de precisão para os níveis de reversão apical “0.5”, “1”, “1.5” e “2”, respectivamente, respeitando-se o nível de tolerância de $\pm 0,5$ mm.

8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ALEXANDER, J.B., CARNES, D.L., GILLES, J.A. A comparison of clinical root canal therapy performed by third-year dental students using Canal Master instruments to that performed using K-types. **J. Endod.**, Baltimore, v.23, n.2, p.124-126, Feb. 1997.
2. AURÉLIO, J.A., NAHMIAS, Y., GERSTEIN, H. A model for demonstration na electronic canal length measuring device. **J.Endod.**, Baltimore, v.9, n.12, p.568-569, Dec.1983.
3. BEESON, T.J., HARTWELL, G.R., THORNTON, J.D. et al. Comparison of debris extruded apically in straight canals: conventional filling versus Profile .04 taper series 29. **J. Endod.**, Baltimore, v.24, n.1, p.18-22, Jan. 1998.
4. BRAMANTE, C.M., BERBERT, A., BORGES, R.P. A methodology for evaluation of root canal instrumentation. **J. Endod.**, Baltimore, v.13, n.5, p.243-245, May 1987.
5. BRYANT, S.T., THOMPSON, S.A., AL-OMARI, M.A.O. et al. Shaping ability of Profile rotatory nickel-titanium instruments with ISO sized tips in simulated root canals. Part 1. **Inter. Endod. J.**, Oxford, v.31, n.4, p.275-281, July 1998 a.

6. BRYANT, S.T., THOMPSON, S.A., AL-OMARI, M.A.O. et al. Shaping ability of Profile rotatory nickel-titanium instruments with ISO sized tips in simulated root canals. Part 2. **Inter. Endod. J.**, Oxford, v.31, n.4, p.282-289, July 1998 a.
7. BURCH, J.G., HULEN, S. The relationship of the apical foramen to the anatomic apex of the tooth root. **Oral Surg. Oral Med. Oral Pathol.**, Saint Louis, v.34, n.2, p.262-268, Aug. 1972.
8. CAICEDO, R., CANTILLO, C.R., JIMENEZ, L. F. Effect of new rotatory instruments on distal root walls of first lower molars. **J. Endod.**, Baltimore, v.23, n.4, p.268, Apr. 1997.
9. CAMPBELL, D., FRIEDMAN, S. Clinical assessment of rotary canal instrumentation with an apex locating handpiece. **J. Endod.**, Baltimore, v.23, n.4, p.273, Apr. 1997.
10. CAMPBELL, D., FRIEDMAN, S., NGUYEN, H.Q. et al. Apical extend of rotary canal instrumentation with an apex locator handpiece "*in vitro*". **Oral Surg. Oral Med. Oral Pathol. Oral Radiol. Endod.**, Saint Louis, v.85, n.3, p.319-324, Mar. 1998.
11. CLEM, W.H. Endodontics: the adolescent patient. **Dent. Clin. North. Am.**, Philadelphia, v.13, n.2, p.483-493, Apr.1969.

12. COHEN, S., BURNS, R.C. **Pathways of the pulp**. Saint Louis: Mosby, 1994, 753 p.
13. CZERM, R.J., FULKERSON, M. S., DONNELLY, J.C. An "*in vitro*" test of a simplified model to demonstrate the operation of electronic root canal measuring devices. **J. Endod.**, v.20, n.12, p.605-606, Dec.1994.
14. CZERM, R.J., FULKERSON, M. S., DONNELLY, J.C. et al. "*In vitro*" evaluation of the accuracy if several electronic apex locators. **J. Endod.**, Baltimore, v.21, n.11, p.572-577, Nov. 1995.
15. DUNLAP, C. A., REMEIKIS, N.A., BEGOLE, E. A. et al. An "*in vitro*" evaluation of an electronic apex locator that uses the ratio method in vital and necrotic canals. **J. Endod.**, Baltimore, v.24, n.1, p.48-50, Jan. 1998.
16. DUMMER, P. M. H., MCGINN, J. H., REES, D. G. The position and topography of the apical canal constriction and apical foramen. **Inter. Endod. J.**, Oxford, v.17, n.4, p.192-198, Oct. 1984.
17. ESPOSITO, P. T., CUNNINGHAM, C. J. A comparison of canal preparation with nickel-titanium and stainless steel instruments. **J. Endod.**, Baltimore, v.21, n.4, p.173-175, Apr. 1995.

18. FELIPPE, M. C. S., LUCENA, M., SOARES, I. J. Avaliação da precisão de um aparelho audiométrico na determinação do comprimento dos dentes. **R. B. O.**, Rio de Janeiro, v.54, n.1, p.53-55, jan./fev. 1997.
19. FELIPPE, M. C. S., SOARES, I. J. *In vitro* evaluation of an audiometric device in location the apical foramen of teeth. **Endod. Dent. Traumatol.**, Copenhagen, v.10, n.5, p.220-222, Oct. 1994.
20. FOUAD, A. F., KRELL, K. V., McKENDRY, D. J. et al. A clinical evaluation of five electronic root canal length measuring instruments. **J. Endod.**, Baltimore, v.16, n.9, p.446-449, Sept. 1990.
21. FRICK, K., WALIA, H., DEGUZMAN, J. et al. Qualitative comparison of two NiTi rotary file systems to hand filing. **J. Endod.**, Baltimore, v.23, n.4, p.273, Apr. 1997.
22. GILLES, J. A., DEL RIO, C. E. A comparison of the Canal Master endodontic instrument and K-types files for enlargement of curved root canals. **J. Endod.**, Baltimore, v.16, n.12, p.561-565, Dec. 1990.
23. GLOSSON, C. R., HALLER, R. H., DOVE, S. B. et al. A comparison of root canal preparations using NiTi hand, NiTi engine-driven, and K-flex endodontic instruments. **J. Endod.**, v.21, n.3, p.146-151, Mar.1995.

24. GOLDBERG, F., SOARES, I. J. Tri Auto ZX. Evaluación in vitro de la determinación y mantenimiento de la longitud de trabajo durante la instrumentación endodóntica. **Rev. Asoc. Odontol. Argent.**, Buenos Aires, v.87, n.1, p.12-14, ene./feb. 1999.
25. HINRICHS, R. E., WALKER, W. A., SCHINDLER, W. G. A comparison of amounts of apically extruded debris using handpiece-driven nickel-titanium instrument systems. **J. Endod.**, Baltimore, v.24, n.2, p.102-106, Feb. 1998.
26. HANKINS, P. J., ELDEEB, M. B. An evaluation of the Canal Master, balanced force and step back techniques. **J. Endod.**, Baltimore, v.22, n.3, p.123-130, Mar. 1996.
27. HASEGAWA, K., IIZUKA, H., TAKEI, M. et al. A new method and apparatus for measuring root canal length. **J. Nihon Univ. Sch. Dent.**, Tokio, v. 28, n.2, p.117-128, Feb. 1986.
28. HUANG, L. An experimental study of the principle of electronic root canal measurement. **J. Endod.**, Baltimore, v.13, n.2, p.60-64, Feb., 1987.
29. HUSSMAN, M., STRYGA, F. Comparison of root canal preparation using different automated devices and hand instrumentation. **J. Endod.**, Baltimore, v.19, n.3, p.141-145, Mar. 1993.

30. IGARASHI, Y., JABER, J., JOU, Y. T. et al. The effect of foramen morphology on apex locators. **J. Endod.**, Baltimore, v.23, n.4, p.273, Apr. 1997.
31. IGARASHI, Y., NII, K., JOU, Y. T. et al. Comparison of four electronic apex locators in determining canal length. **J. Endod.**, Baltimore, v.23, n.4, p.256, Apr. 1997.
32. INOUE, N. An audiometric method for determining the length of root canals. **J. Canad. Dent. Ass.**, Toronto, v.39, p.630-636, 1973.
33. JOHNSON, W. T. Instrumentation of the fine curved canals found in the mesial roots of maxillary and mandibular molars. **Quint. Inter.**, Berlin, v.17, n.5, p.309-312, May 1986.
34. KATZ, A., MASS, E., KAUFMAN, A. Y. Electronic apex locator: a useful tool for canal treatment in the primary dentition. **J. Dent. Child.**, v.63, n.6, p.414-417, Nov./Dec. 1996.
35. KAUFMAN, A. Y., FUSS, Z., KEILA, S. et al. Reliability of different electronic apex locators to detect root perforations *in vitro*. **Inter. Endod. J.**, Oxford, v.30, n.6, p.403-407, Nov. 1997.

36. KAVANAGH, D., LUMLEY, P. J. An *in vitro* evaluation of canal preparation using Profile .04 and .06 taper instruments. **Endod. Dent. Traumatol.**, Copenhagen, v. 14, n.1, p. 16-20, Feb.1998.
37. KELLER, M. E., BROWN, C. E., Jr., NEWTON, C. W. A clinical evaluation of the Endocater - an electronic apex locator. **J. Endod.**, Baltimore, v.17, n.6, p.271-274, June 1991.
38. KETTERL, W. L. L'extirpacion vitale. **Med. et Hig.**, n.837, p.987, sept. 1968.
39. KOBAYASHI, C., SUDA, H. New electronic canal measuring device based on the ratio method. **J. Endod.**, v.20, n.3, p.111-114, Mar. 1994.
40. KOBAYASHI, C., YOSHIOKA, T., SUDA, H. A new engine-driven canal preparation system with electronic canal measuring capability. **J. Endod.**, Baltimore, v.23, n.12, p.751-754, Dec. 1997.
41. KUTTLER, Y. Microscopy investigation of root apexes. **J. Am. Dent. Assoc.**, v.50, n.5, p.544-552, May 1955.
42. LESENBERG, D. A., MONTGOMERY, S. The effects of the Canal Master, flex-R, K-flex instrumentation on root canal configuration. **J. Endod.**, Baltimore, v.17, n.2, p.59-65, Feb. 1991.

43. LEVY, G. Une nouvelle instrumentation pour realiser mecaniquement l'ensemble de la procedure endodontic: le Canal Finder. **Rev. Franc. Endod.**, Paris, v.3, n.2, p.11-19, juin. 1984.
44. LEVY, G., ABOU-RASS, M. Endodontic file desing and dynamics in automated root canal preparation: concepts, material and methods. **Alpha Omega**, New York, v.8, n.3, p.68-72, 1990.
45. MARTIN, G., BLASKOVIC-SUBAT, V. Preparation of simulated root canals using the Macfile, Canal Master U and K-flexofile. **Inter. Endod. J.**, Oxford, v.30, n.3, p.160-166, May. 1997.
46. MORGAN, L., MONTGOMERY, S. An evaluation of the crown-down pressureless technique. **J. Endod.**, Baltimore, v.20, n.10, p.491-499, Oct. 1984.
47. MOWREY, B. E., DI FIORE, P. M., NOBLETT, W. C. et al. Do gutta-percha solvents affect the precision of apex locator? **J. Endod.**, Baltimore, v.23, n.4, p.256, Apr. 1997.
48. NGUYEN, H. Q., KAUFMAN, A. Y., KOMOROWSKI, R. C. et al. Electronic length measurement using small and large files in enlarged canals. **Inter. Endod. J.**, Oxford, v.29, n.5, p.359-364, Sep. 1997.

49. O'NEILL, L. J. A clinical evaluation of electronic root canal measurement. **Oral Surg. Oral Med. Oral Pathol.**, Saint Louis, v.38, n.3, p.469-473, 1974.
50. OUNSI, H. F., NAAMAN, A. *In vitro* evaluation of the reability of the Root ZX electronic apex locator. **Inter. Endod. J.**, Oxford, v.32, n.2, p.120-123, Mar. 1999.
51. PAGAVINO, G., PACE, R., BACCETTI, T. A SEM study of "*in vivo*" accuracy of the Root ZX electronic apex locator. **J. Endod.**, Baltimore, v.24, n.6, p.438-441, June 1998.
52. PORTENIER, I., LUTZ, F., BARBAKOW, F. Preparation of the apical part of the root canal by the Lightspeed and step-back techniques. **Inter. Endod. J.**, Oxford, v.31, n.2, p.103-111, Mar. 1998.
53. RAMIREZ-SALOMON, M., SOLER-BIENTZ, R., GARZA-GONZÁLEZ, R. de la et al. Incidence of Lightspeed separation and the potential for bypassing. **J. Endod.**, Baltimore, v.23, n.9, p.586-587, Sept. 1997.
54. REDDY, S. A., LAMAR, M. H. Apical extrusion of debris using two hand and two rotary instrumentation techniques. **J. Endod.**, Baltimore, v.24, n.3, p.180-183, Mar. 1998.

55. RICUCCI, D., LANGELAND, K. Apical limit of root canal instrumentation and obturation. Part 2: a histological study. *Inter. Endod. J.*, Oxford, v.31, n.6, p.394-409, Nov. 1998.
56. ROANE, J.B., SABALA, C. L., DUNCANSON, M. G. The "balanced force" concept for instrumentation of curved canals. *J. Endod.*, Baltimore, v.11, n.5, p.203-211, May 1985.
57. ROIG-CAYÓN, M., BASILIO-MONNÉ, J., ABÓS-HERRANDIZ, R. et al. A comparison of molar root canal preparations using six instruments and instrumentation techniques. *J. Endod.*, Baltimore, v.23, n.6, p.383-386, June 1997.
58. ROWAN, M B., NICHOLLS, J. I., STEINER, J. Torsional properties of stainless steel and nickel-titanium endodontic files. *J. Endod.*, Baltimore, v. 22, n.7, p.341-345, July 1996.
59. SABALA, C. L., ROANE, J. B., SOUTHARD, L. Z. Instrumentation of curved canals using a modified tipped instrument: a comparison study. *J. Endod.*, Baltimore, v.14, n.2, p.59-64, Feb. 1988.

60. SAMYN, J. A., NICHOLLS, J. I., STEINER, J. C. Comparison of stainless steel and nickel-titanium instruments in molar root canal preparation. **J. Endod.**, Baltimore, v.22, n.4, p.177-181, Apr. 1996.
61. SAUNDERS, W. P., SAUNDERS, E. M. Comparison of three instruments in the preparation of the curved root canal using the modified double-flared technique. **J. Endod.**, Baltimore, v.20, n.9, p.440-444, Sept. 1994.
62. SEPIC, A. O., PANTERA, E. A., NEAVERTH, E. J. et al. A comparison of flex-R files and K-type files for enlargement of severely curved molar root canals. **J. Endod.**, Baltimore, v. 15, n.6, p.240-245, June 1989.
63. SHABAHANG, S., GOON, W. W. Y., GLUSKIN, A. H. An in vivo evaluation of Root ZX electronic apex locator. **J. Endod.**, Baltimore, v.22, n.11, p.616-618, Nov. 1996.
64. SHORT, J. A., MORGAN, L. A., BAUMGARTNER, J. C. A comparison of canal centering ability of four instrumentation techniques. **J. Endod.**, Baltimore, v.23, n.8, p.503-507, Aug. 1997.

65. SYDNEY, G. B. **Instrumentos de níquel-titânio: análise do preparo do canal radicular realizado manual e mecanicamente.** Curitiba, 1997, 60 p. Trabalho Concurso Titular - Universidade Federal do Paraná.
66. SYDNEY, G. B., ESTRELA, C., CARRASCOZA, A. et al. Avaliação morfológica de canais radiculares curvos após o preparo com a técnica cervical auxiliada por brocas de gates-Glidden e com o Canal Finder System. **Rev. ABO Nac.**, Porto Alegre, v.2, n.6, p.427-430, dez. 1994/ jan. 1995.
67. SYDNEY, G. B., ESTRELA, C., PESCE, H. F. et al. Frequência do desvio apical quando do emprego de técnica escalonada e do “Canal Finder System”. **Rev. Odont. USP**, São Paulo, v.7, n.3, p.199-203, jul./set. 1993.
68. SYDNEY, G. B., PESCE, H. F., BATISTA, A. et al. Estudo qualitativo da uniformidade da remoção dentinária em canais radiculares impregnados com ferrocianeto de prata. Parte 1: instrumentação manual X Canal Finder System. **R.B.O.**, Rio de Janeiro, v.54, n.4, p.244-247, jul./ago. 1997.
69. SOARES, I. J., SILVEIRA, N. L., TAVARES, T. et al. **Manual prático de endodontia.** Florianópolis: Ed. UFSC, 1993. 140 p.

70. STEFFEN, H., SPLIETH, C.H., BEHR, K. Comparison of measurements obtained with hand files or the Canal Leader attached to electronic apex locator: an *in vitro* study. **Inter. Endod. J.**, Oxford, v.32,n.2, p.103-107, Mar. 1999.
71. SUNADA, J. New method for measuring the length of the root canal. **J. Dent. Res.**, Washigton, v.41, n.2, p.375-387, 1962.
72. SUZUKI, K. Experimental studies on ionophoresis. **J. Jpn. Stomatol.**, Tokio, v.16, p. 411-417, 1942.
73. TEPEL, J., SCHÄFER, E., HOPPE, W. Properties of endodontic hand instruments used in rotary motion. Part 1. Cutting Efficiency. **J. Endod.**, Baltimore, v. 21, n.8, p.418-421, Aug. 1995.
74. THARUNI, S. L., PARAMESWARAN, A., SUKUMARAN, V.G. A comparison of canal preparation using the K-file and Lightspeed in resin blocks. **J. Endod.**, Baltimore, v.22, n.9, p.474-476, Sep. 1996.
75. THOMPSON, S. A., DUMMER, P. M. H. Shaping ability of Lightspeed rotary nickel-titanium instruments in simulated root canals. Part 1. **J. Endod.**, Baltimore, v.23, n.11, p.698-702, Nov. 1997 a.

76. THOMPSON, S. A., DUMMER, P. M. H. Shaping ability of Profile .04 taper *series 29* rotary nickel-titanium instruments in simulated root canals. Part 1. **Inter. Endod. J.**, Oxford, v.30, n.1, p.1-7, Jan. 1997 b.
77. THOMPSON, S. A., DUMMER, P. M. H. Shaping ability of Profile .04 taper *series 29* rotary nickel-titanium instruments in simulated root canals. Part 2. **Inter. Endod. J.**, Oxford, v.30, n.1, p.8-15, Jan. 1997 c.
78. THOMPSON, S. A., DUMMER, P. M. H. Shaping ability of Quantec *series 2000* rotary nickel-titanium instruments in simulated root canals. Part 1. **Inter. Endod. J.**, Oxford, v.31, n.4, p.259-267, July 1998 a.
79. THOMPSON, S. A., DUMMER, P. M. H. Shaping ability of Quantec *series 2000* rotary nickel-titanium instruments in simulated root canals. Part 2. **Inter. Endod. J.**, Oxford, v.31, n.4, p.268-274, July 1998 b.
80. TRONSTAD, L., NIEMCZYK, S. Efficacy and safety test of six automated devices for root canal instrumentation. **Endod. Dent. Traumatol.**, Copenhagen, v.2, p.270-276, Dec. 1986.
81. USHIYAMA, J. New principle and method for measuring the root canal length. **J. Endod.**, Baltimore, v.9, n.3, p.97-104, Mar. 1983.

82. VAJRABHAYA, L., TEPMONGKOL, P. Accuracy of apex locator. **Endod. Dent Traumatol.**, Copenhagen, v.13, n.4, p.180-182, Aug. 1997.
83. VOSS, A., MARKULA-LIEGAU, A. Accuracy of Root ZX reading the apical constriction *in vitro*. **Inter. Endod. J.**, Oxford, v.31, n.3, p.217, 1998.
84. WALIA, H. D., BRANTLEY, W. A., GERSTEIN, H. An initial investigation of the bending and torsional properties of nitinol root canal files. **J. Endod.**, Baltimore, v.14, n.7, p.346-351, July 1988.
85. WALIA, H. D., WHITE, P. W., KNIAZ, B. P. et al. "In vivo" evaluation of five apex locators. **J. Endod.**, Baltimore, v.23, n.4, p.271, Apr. 1997.
86. WEINE, F.S., KELLY, R.F., LIO, P. J. The effect of preparation procedures on original canal shape and on apical foramen shape. **J. Endod.**, Baltimore, v.1, n.8, p.255-262, Aug. 1975.
87. WHITE, P. W., AUSTIN, B. P., WALIA, H. D. et al. Comparison of four apex locators. **J. Endod.**, Baltimore, v.22, n.4, p.216, Apr. 1996.
88. YAMAOKA, M., YAMASHITA, Y., SAITO, T. **Electrical root canal measuring instrument based in a new principle**. Tokio: Nihon University School of Dentistry, 1989.

89. YAMASHITA, Y. A study of a new electronic root canal measuring device using relative values of frequency response-influences of the diameter of apical foramen, the size of electrode and the concentration of sodium hypochlorite. **Jpn. J. Conserv. Dent.**, v.33, p.547-559, 1990.
90. ZMENER, O., SPIELBERG, C., OLMOS, J. Effectiveness of two different methods for preparing curved root canals. **Endod. Dent. Traumatol.**, Copenhagen, v.10, n.4, p.215-219, Mar. 1994.