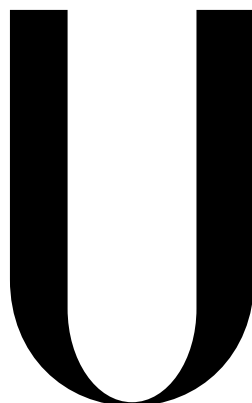


Universidade de Lisboa

Faculdade de Medicina Dentária



LISBOA

UNIVERSIDADE
DE LISBOA

**Análise da influência do diâmetro apical nas leituras obtidas
por diferentes localizadores apicais - estudo in vitro**

Ana Flavia Silva Mol

Orientador:

Professor Doutor António Manuel Pinto Ginjeira
Professora Doutora Karla Baumotte de Carvalho Corte-Real

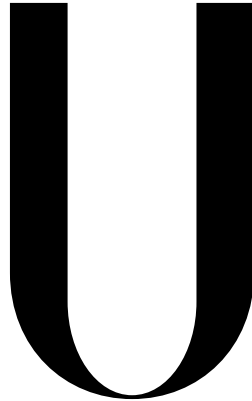
Dissertação

Mestrado Integrado em Medicina Dentária

2023

Universidade de Lisboa

Faculdade de Medicina Dentária



LISBOA

UNIVERSIDADE
DE LISBOA

**Análise da influência do diâmetro apical nas leituras obtidas
por diferentes localizadores apicais - estudo *in vitro***

Ana Flavia Silva Mol

Orientador:

Professor Doutor António Manuel Pinto Ginjeira
Professora Doutora Karla Baumotte de Carvalho Corte-Real

Dissertação

Mestrado Integrado em Medicina Dentária

2023

AGRADECIMENTOS

Ao Professor Doutor António Ginjeira e à Professora Doutora Karla Corte-Real, pela dedicação, paciência, apoio constante e disponibilidade fornecida ao longo da realização deste estudo.

Aos meus pais, por todo o amor, carinho, apoio e incentivo durante toda a minha trajetória académica. Sem eles, esta conquista não seria possível.

Um agradecimento especial ao meu irmão por sempre estar ao meu lado.

Ao meu namorado, pelo apoio e companheirismo e por me motivar diariamente a conquistar meus sonhos.

À minha dupla, pela amizade e parceria ao longo destes cinco anos. Sou muito grata por todos os momentos especiais que marcaram a minha trajetória académica.

Aos meus queridos amigos, pela constante motivação e apoio. Obrigada por estarem presentes na minha vida e por me fazerem uma pessoa melhor. Sou grata por ter amigos tão maravilhosos.

Por fim, agradeço a todas as pessoas que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho, direta ou indiretamente.

RESUMO

Introdução: O tratamento endodôntico inclui várias etapas essenciais para assegurar o seu sucesso. Entre estas etapas, a determinação do comprimento endodôntico destaca-se como uma das mais importantes, pois restringe a ação do operador durante a instrumentação e obturação. Diversos métodos, incluindo localizadores apicais eletrônicos, são utilizados para determinar o comprimento endodôntico.

Objetivo: Este estudo teve como objetivo comparar *in vitro* leituras de diferentes localizadores apicais, especificamente Root ZX Mini, Wirele-X e Ai-Pex, em canais com diferentes diâmetros apicais.

Materiais e métodos: Foram selecionados 48 dentes uniradiculares extraídos. Após abertura coronária, uma lima K #10 foi introduzida no canal até ficar visível no ápex. Os comprimentos reais dos canais radiculares foram determinados usando um microscópio eletrônico, medindo a distância entre a ponta da lima #10 e o stop. A amostra foi dividida em três grupos: o Grupo I foi preparado com lima manual K #10, o Grupo II com limas K #10 e 15, e o Grupo III com limas K #10, 15, 20 e 25. Os espécimes foram incluídos em aparato de suporte composto por esponja vegetal embebida em hipoclorito de sódio. Por fim, os comprimentos endodônticos foram obtidos utilizando três localizadores apicais diferentes. Cada dispositivo foi utilizado de acordo com as instruções dos fabricantes.

Resultados: Os resultados revelaram diferenças estatisticamente significativas entre as leituras dos localizadores apicais e o comprimento real do canal. No entanto, estas diferenças não foram consideradas clinicamente relevantes na maioria dos casos. Os dentes com diâmetros apicais menores apresentaram medições mais precisas, e o localizador apical com melhores resultados foi o Ai-Pex.

Conclusão: Os três localizadores apicais eletrônicos demonstraram uma percentagem aceitável de leituras corretas, podendo ser considerados confiáveis. Contudo, os diâmetros apicais podem influenciar a precisão da leitura dos aparelhos.

Palavras-chaves: endodontia, comprimento endodôntico, diâmetro apical, Root Zx Mini, Wirele-x, Ai-Pex, estudo *in vitro*.

ABSTRACT

Introduction: Endodontic treatment includes several crucial steps to ensure its success. Among these steps, determining the working length is one of the most important, as it restricts the operator's action during instrumentation and obturation. Several methods, including electronic apex locators, are used to determine the working length.

Objective: This study aimed to compare *in vitro* results of different apex locators, such as Root ZX Mini, Wirele-X and Ai-Pex, in root canals with different apical diameters.

Materials and methods: 48 extracted single-rooted teeth were selected. After coronal opening, a #10 K-file was inserted into the canal until it was visible at the apex. The real canal lengths were determined using an academic microscope by measuring the distance between the tip of the #10 file and the rubber stop. Then, the teeth were divided into three groups: Group I was prepared with a #10 K-file, Group II with a #10 and 15 K-files, and Group III with a #10, 15, 20 and 25 K-files. The specimens were included in the support apparatus composed of a vegetable sponge soaked in sodium hypochlorite. Finally, working lengths were obtained using the three different apex locators. Each device was used according to the manufacturers' instructions. The results were analysed.

Results: Results revealed statistically significant differences between apex locator readings and the real canal lengths. However, these differences were not considered clinically relevant in most cases. Teeth with narrow apical diameters had more accurate measurements, and the apex locator with better results was the Ai-Pex.

Conclusion: The three electronic apex locators demonstrated an acceptable percentage of correct readings and can be considered reliable. However, the apical diameter can influence the accuracy of the devices.

Keywords: endodontics, working length, apical diameter, Root Zx Mini, Wirele-x, Ai-Pex, *in vitro* study.

ÍNDICE

AGRADECIMENTOS	III
RESUMO	IV
ABSTRACT	V
ÍNDICE	VI
ÍNDICE DE TABELAS	VII
ÍNDICE DE FIGURAS	VIII
LISTA DE ABREVIATURAS	IX
1. INTRODUÇÃO	1
2. OBJETIVO	5
3. MATERIAIS E MÉTODOS	
3.1. Seleção da Amostra	6
3.2. Preparação da Amostra	6
3.3. Divisão da Amostra em Grupos	7
3.4. Montagem da Amostra	7
3.5. Leitura do Comprimento Endodôntico	8
4. RESULTADOS	
4.1. Análise Estatística	10
4.2. Resultados Propriamente Ditos	10
5. DISCUSSÃO	15
6. CONCLUSÃO	21
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	22
8. ANEXOS	27

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1: Estatísticas descritivas e comparações dos CE de referência entre categorias de lima (Teste de Kruskal-Wallis). \bar{x} : média amostral; s: desvio-padrão amostral; min: mínimo; max: máximo; CM: comparações múltiplas.11

Tabela 2: Comparações do CE entre localizadores e referência, por lima. RZX: Root ZX mini; AP: Ai-Pex; W: Wirele-x.; \bar{x} : média amostral; s: desvio-padrão amostral; min: mínimo; max: máximo; CM: comparações múltiplas.....12

Tabela 3: Estatísticas descritivas de Δ CE (leitura localizador - referência) por lima e tipo de localizador apical. Comparações face aos valores de CE referência (Teste de Wilcoxon). RZX: Root ZX mini; AP: Ai-Pex; W: Wirele-x; \bar{x} : média amostral; s: desvio-padrão amostral.....13

Tabela 4: Comparações entre o CE de referência e as leituras obtidas pelos localizadores. RZX: Root ZX mini; AP: Ai-Pex; W: Wirele-x.14

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Aparato de Suporte	7
Figura 2: Root Zx Mini	8
Figura 3: Wirele-x	8
Figura 4: Ai-Pex	9
Figura 5: Representação gráfica em boxplot da distribuição de CE de referência por categoria de lima	11
Figura 6: Representação gráfica em boxplot da distribuição de Δ CE por localizador e lima ..	13

LISTA DE ABREVIATURAS

CE	.....	Comprimento Endodontico
CR	.....	Comprimento Endodôntico Real
NaOCl	.....	Hipoclorito de sódio
EDTA	.....	Ácido Etileno Diamino Tetra-Acético
SPSS	.....	Statistical Package for the Social Sciences
RMS	.....	Root Mean Square
Lima K	.....	Lima Kerr
RZX	.....	Root Zx Mini
AP	.....	Ai-Pex
W	.....	Wirele-x
\bar{x}	.....	Media Amostral
s	.....	Desvio-Padrão Amostral
Min	.....	Mínimo
Max	.....	Máximo
CM	.....	Comparações Múltiplas
Δ	.....	Diferença Entre Variáveis
mm	.....	Milímetros
μm}	.....	Micrómetro
ml	.....	Mililitros
kHz	.....	KiloHertz
Ω	.....	Ohms
%	.....	Porcentagem
#	.....	Número

1. INTRODUÇÃO

A Endodontia é uma especialidade da Medicina Dentária que se dedica ao estudo e tratamento das patologias relacionadas com a polpa dentária e os tecidos periapicais, tendo como objetivo fornecer tratamentos eficazes que assegurem a manutenção da funcionalidade e estética dos dentes.⁽¹⁾ A cavidade endodôntica contém tecido pulpar, composto por vasos sanguíneos, nervos e tecido conjuntivo. A estrutura anatómica interna do dente permite a remoção da polpa dentária infetada nos casos de inflamação irreversível ou necrose, sendo seguida pela limpeza minuciosa dos canais radiculares e pelo preenchimento com um material de obturação cujas características físicas, químicas e biológicas promovam o restabelecimento da saúde dos tecidos periapicais.⁽²⁾

A terapia endodôntica é a melhor opção para os dentes com polpa e/ou tecidos periapicais infetados, de modo que o dente possa ser preservado. O tratamento endodôntico se estende desde a câmara pulpar até a extremidade apical e seu objetivo é remover por completo o tecido pulpar, material necrótico e microrganismos do canal, de forma a prevenir futuras infeções.⁽³⁾ A compreensão das etapas envolvidas neste tratamento é essencial para garantir a sua eficácia e sucesso a longo prazo.^(1, 4) Entre estas etapas, a determinação do comprimento endodôntico destaca-se como uma das mais importantes, uma vez que restringe a ação do operador durante a instrumentação e obturação.⁽⁵⁾ Esta restrição é crucial para evitar danos aos tecidos periapicais, uma vez que os instrumentos só devem ser utilizados dentro dos limites estabelecidos pelo comprimento endodôntico, além de prevenir a extrusão de detritos que poderia ocasionar inflamação.^(3, 6)

O comprimento endodôntico é a distância que vai desde o bordo incisal até a constrição apical.⁽³⁾ Embora o canal radicular seja limitado pelo foramen apical, o ponto de menor diâmetro é na constrição apical. Este ponto foi considerado como o limite apical mais apropriado para a instrumentação e a obturação no tratamento endodôntico, sua localização é amplamente aceita como sendo 0,50-1 mm coronal ao foramen apical.^(7, 8) As obturações que terminam na constrição apical proporcionam ótimas condições de cicatrização com contato mínimo entre o material obturador e o tecido periapical, reduzindo assim respostas inflamatórias, destruição do tecido, e reações de corpo estranho.⁽⁹⁾ No entanto, estabelecer a posição da constrição apical do canal durante o tratamento endodôntico é uma tarefa árdua, principalmente devido à sua posição variável.⁽¹⁰⁾ É de extrema importância definir o limite apical de modo a restringir a ação do operador e garantir sucesso no tratamento.⁽⁶⁾ De acordo com o estudo feito por Ricucci & Langeland, o pior prognóstico para o tratamento endodôntico

é instrumentação e obturação além da constrição apical, seguido de obturação a mais de 2 mm aquém da constrição apical, combinada com instrumentação e obturação deficientes. ⁽³⁾

Algumas das falhas mais graves durante o tratamento endodôntico, como sub-obturação e sobre-obturação, podem ser evitadas com uma medição precisa do comprimento endodôntico. A sub-obturação ocorre quando o material de obturação é inserido 2 mm aquém do ápice radiográfico, enquanto a sobre-obturação ocorre quando o material está além do ápice radiográfico. ⁽¹¹⁾ A instrumentação incompleta leva ao acúmulo de depósitos de dentina e ao bloqueio do canal. Se restos de polpa e bactérias forem deixados no terço apical do canal, eles podem iniciar ou perpetuar a inflamação perirradicular após a terapia endodôntica, levando ao insucesso do tratamento. ⁽¹¹⁾ Por outro lado, se houver uma instrumentação excessiva e a constrição apical for destruída, detritos infetados e bactérias serão levados aos tecidos periapicais, causando a disseminação da infecção para os tecidos periodontais e uma eventual destruição tecidular. ⁽¹²⁾ Além disso, a sobre-obturação também pode causar uma reação de corpo estranho na área do tecido periapical. ^(13,14) Estudos mostram um pior prognóstico nos dentes com sub-obturações (68% de sucesso), em comparação com sobre-obturações (76% de sucesso). ⁽¹²⁾

Os métodos para determinar o comprimento endodôntico incluem a técnica de sensibilidade táctil, a técnica visual baseada na humidade da ponta de cones de papel, a avaliação de radiografias por meio de fórmulas matemáticas e escalas, bem como os localizadores apicais eletrônicos. ⁽⁵⁾ Estes métodos podem ser aplicados isoladamente ou em conjunto. A técnica visual demonstrou possuir validade ^(15, 16), enquanto a sensação táctil revelou-se pouco confiável. ⁽¹⁷⁾ A odontometria utiliza radiografias digitais para determinar o comprimento endodôntico, embora apresente desvantagens, tais como a exposição à radiação, a possibilidade de erros de interpretação decorrentes da bidimensionalidade da imagem, o que pode resultar em sobreposição de estruturas anatómicas, e a subjetividade inerente à interpretação do observador. ^(18, 19) Desta forma, surgiram os localizadores apicais eletrônicos que se apresentaram como uma alternativa mais precisa e previsível à odontometria. Estes dispositivos detetam a transição da polpa para o tecido periodontal, que é anatomicamente muito próxima à constrição apical. ⁽¹⁸⁾ Quando utilizados em conjunto com radiografias, possibilitam uma determinação ainda mais precisa do comprimento endodôntico.

A ideia de que o comprimento do canal radicular poderia ser estimado através do uso de uma corrente elétrica foi desenvolvida por Cluster em 1918. ⁽²⁰⁾ Em 1942, Suzuki descobriu, num estudo realizado em dentes de cães, que a resistência elétrica entre o ligamento periodontal e a mucosa oral possuía um valor constante de $\sim 6,5k.\Omega$. ⁽²¹⁾ Esta informação foi posteriormente

utilizada por Sunada em 1962 para construir o primeiro localizador apical eletrônico. No seu estudo, Sunada menciona que existe um valor de resistência constante entre o ligamento periodontal e a mucosa oral, independentemente da idade, sexo, dente e curvatura do canal. ⁽²²⁾ Estes dispositivos foram amplamente escrutinados, uma vez que as leituras não se revelaram precisas quando o canal apresentava algum tipo de humidade no seu interior. ⁽²³⁾ Problemas associados ao uso de corrente contínua levaram a substituição dos localizadores apicais de primeira geração pelos de segunda geração, que utilizavam uma única frequência de corrente alternada para detetar alterações na impedância, que é a capacidade dos materiais de impedir à passagem de corrente elétrica, do canal. ⁽²⁴⁾ Porém, para garantir o êxito do dispositivo, era imperativo que o canal estivesse livre de materiais condutores de corrente elétrica, como sangue, tecido e irrigante. ^(25,26) Os localizadores apicais de terceira geração utilizam a medição de impedância para obter a localização da constrição dentro do canal, recorrendo a frequências múltiplas e possuindo microprocessadores mais avançados. Estes localizadores eletrónicos mais modernos operam com base no princípio de que as medições de impedância entre os elétrodos diferem na região da constrição apical, podendo assim localizá-la. Estes dispositivos apresentam a vantagem adicional de poderem ser utilizados na presença de humidade, sangue, exsudados ou soluções como hipoclorito de sódio e EDTA. ^(27, 28)

Ao longo dos anos os localizadores apicais eletrónicos provaram ter inúmeras vantagens, incluindo ausência de radiação, ergonomia, menor tempo de trabalho, maior precisão e minimização do risco de sobre ou sob instrumentação. Porém, apesar de ser um método confiável e atualmente muito utilizado, pode produzir interferências com restaurações metálicas, medir comprimentos errados, gerar leituras instáveis e é um dispositivo dispendioso. ⁽²⁹⁾

A constante evolução da tecnologia na área de Medicina Dentária e a disponibilidade de novos materiais e técnicas, tornam o tratamento endodôntico mais preciso e eficaz a cada dia. No entanto, o sucesso deste tratamento ainda depende de muitos fatores, incluindo a anatomia do canal radicular, a técnica de preparação do canal e a qualidade da obturação. Um aspecto importante da anatomia do canal radicular é o diâmetro apical. ⁽³⁰⁾ Os canais radiculares têm diferentes diâmetros apicais que variam dependendo de diversos fatores como o tamanho do dente, a posição do dente na boca, a quantidade de raízes, ramificações presentes e factores individuais. ^(30,31) Além disto, com o avanço da idade ocorre formação contínua de dentina, que faz com que se desenvolvam alterações a nível apical do canal. ⁽³²⁾ Posto isto, a diferença de diâmetros nos diversos canais pode variar bastante de pessoa para pessoa e de dente para dente.

Pelo exposto, justifica-se a realização deste estudo para comparar as leituras endodônticas de diferentes localizadores apicais, nomeadamente Root ZX Mini (J. Morita, Tokyo, Japão), Wirele-X (Forum Tec, Ashkelton, Israel) e Ai-Pex (Woodpecker Medical Instrument Co, Guilin, China), em canais com diferentes diâmetros apicais.

2. OBJETIVOS

O objetivo deste estudo foi avaliar e comparar *in vitro* as leituras endodônticas de diferentes localizadores apicais, nomeadamente Root ZX Mini, Wirele-X e Ai-Pex, em canais com diferentes diâmetros apicais.

Comparar leituras endodônticas obtidas pelos localizadores apicais com o comprimento real do canal

H0: As leituras dos localizadores não serão diferentes dos comprimentos reais

H1: As leituras dos localizadores serão diferentes dos comprimentos reais

Comparar leituras endodônticas entre os localizadores apicais eletrônicos

H0: As leituras não serão diferentes entre localizadores

H1: As leituras serão diferentes entre localizadores

Comparar leituras endodônticas em diferentes diâmetros apicais

H0: As leituras não serão diferentes em função dos diâmetros

H1: As leituras serão diferentes em função dos diâmetros

3. MATERIAIS E MÉTODOS

Para realizar o presente estudo foi solicitada autorização à Comissão de Ética da Faculdade de Medicina Dentária da Universidade de Lisboa, de forma a possibilitar o recurso a dentes extraídos. No dia 7 de março de 2023, a Comissão de Ética enviou o parecer autorizando a utilização. (Anexo I)

3.1. Seleção da Amostra

Para este estudo, foram selecionados 48 dentes uniradiculares extraídos, caracterizados pela formação completa da raiz e ausência de curvaturas severas. A amostra excluiu dentes com lesões de cáries extensas, fraturas e reabsorções radiculares. Os dentes foram submetidos a um período de armazenamento de 6 horas em uma solução de hipoclorito de sódio a 2,5%, a fim de eliminar os resíduos remanescentes do ligamento periodontal e outros detritos da superfície radicular externa. ⁽⁵⁾

3.2. Preparação da Amostra

Inicialmente, foi feito desgaste do bordo incisal das coroas dentárias para criar uma superfície plana, a fim de facilitar o posicionamento do stop de borracha das limas durante as leituras do comprimento.

Em seguida, as aberturas coronárias foram realizadas de forma minimamente invasiva utilizando uma broca de ponta esférica diamantada (*Edenta*, Suíça), com refrigeração. A exploração inicial dos canais foi feita com uma lima K de tamanho # 10 (*Dentsply Maillefer*, Ballaigues, Suíça), removendo-se restos pulpare e detritos. Os canais foram devidamente irrigados com hipoclorito de sódio (NAOCl) a 2,5% com o objetivo de remover restos de conteúdo orgânico do espaço do canal radicular.

Os dentes foram numerados de 1 a 48 e os comprimentos reais dos canais radiculares foram determinados com o auxílio do microscópio eletrónico com ampliação de 10x (*Karl Kaps GmbH & Co.KG*, Hessen, Alemanha). Para tal, introduziu-se uma lima K #10 no canal até tornar-se visível no ápice. O stop de borracha foi cuidadosamente ajustado ao plano incisal, que serviu como ponto de referência, e a distância entre a ponta da lima e o stop foi medida utilizando uma régua endodôntica (*Dentsply Maillefer*, Ballaigues, Suíça) com precisão de 0,5 mm. Os comprimentos de todos os dentes da amostra foram medidos e, a partir deste valor, foi

subtraído 0,5 mm, sendo então anotados como o comprimento endodôntico real (CR), que serviu como parâmetro de referência neste estudo (Anexo II)

3.3. Divisão da Amostra em Grupos

Os dentes da amostra, já numerados, foram divididos em 3 grupos de acordo com a percepção táctil do diâmetro anatômico do forâmen apical. Os dentes com canais radiculares mais estreitos foram colocados no Grupo I e preparados com lima manual K #10, os dentes com canais de tamanho moderado foram inseridos no Grupo II e preparados, sequencialmente, com limas K #10 e 15, já os dentes com canais amplos em que a lima K #10 entrava e ficava larga foram atribuídos ao Grupo III e preparados, sequencialmente, com limas K #10, 15, 20 e 25. (Anexo III)

Grupo I: dentes com forâmen apical com o diâmetro de 100 μ m -> lima K #10

Grupo II: dentes com forâmen apical com o diâmetro de 150 μ m -> lima K #15

Grupo III: dentes com forâmen apical com o diâmetro de 250 μ m -> lima K #25

Ao longo de todo o processo de preparação, o canal foi adequadamente irrigado com hipoclorito de sódio a 2,5%, com o auxílio de uma seringa endodôntica a cada troca de instrumento.

3.4. Montagem da Amostra

De seguida, os espécimes foram incluídos em aparato de suporte, composto por um recipiente de plástico de polipropileno de 60 ml contendo esponja vegetal no interior. Os dentes foram inseridos verticalmente até à junção amelo-cementária, garantindo que a raiz ficasse completamente recoberta pela esponja vegetal. Os recipientes foram identificados com o número do dente e organizados de acordo com o grupo previamente atribuído. (Figura 1)



Figura 1: Aparato de Suporte

A esponja foi embebida em hipoclorito de sódio 2,5% de forma que toda a porção radicular ficasse imersa na solução. Os canais radiculares também foram preenchidos com hipoclorito de sódio, removendo-se o excesso de solução da câmara pulpar por meio de aspiração negativa, garantindo que os canais permanecessem húmidos.

3.5. Leitura do Comprimento Endodôntico

Para a obtenção do comprimento endodôntico foram utilizados três localizadores apicais diferentes: Root ZX Mini (*J. Morita*, Tokyo, Japão), Ai-Pex (*Woodpecker Medical Instrument Co*, Guilin, China), Wirele-x (*Forum Tec*, Ashkelton, Israel). Cada dispositivo foi utilizado de acordo com as instruções dos fabricantes. ⁽⁹⁾

O Root ZX (Figura 2) é um aparelho de terceira geração que utiliza o cálculo do quociente de impedância em duas frequências, 0,4 kHz e 8 kHz, para determinar a posição da lima no canal radicular. Nenhuma calibração é necessária. ⁽³³⁾

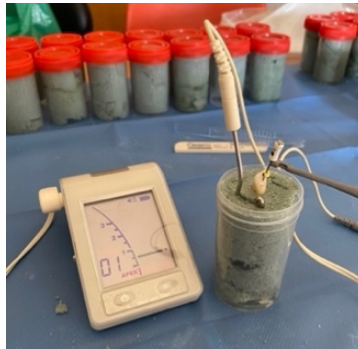


Figura 2: Root Zx Mini

O Wirele-X (Figura 3) é um localizador apical eletrônico que incorpora tecnologia *bluetooth* avançada para eliminar a necessidade de cabos longos. O dispositivo utiliza duas frequências de CA a 0,5 kHz e 8 kHz e um sistema de medição de sinal Root Mean Square (RMS) patenteado para calcular a medição do canal. Os criadores do dispositivo afirmam que o uso do RMS em vez da amplitude elimina o ruído do sinal e aumenta a precisão. ⁽³⁴⁾



Figura 3: Wirele-x

O Ai-Pex (Figura 4) é um localizador apical que, para além da função de determinar o limite apical, também testa o estado pulpar do dente. Usa um sistema de tecnologia DSP anti-interferência e multifrequência avançado que garante a máxima precisão, mesmo na presença de sangue ou polpa residual. ⁽¹⁶⁾



Figura 4: Ai-Pex

Para realizar as leituras, o clipe labial foi imerso lateralmente ao dente na esponja vegetal embebida em hipoclorito de sódio, com cuidado para evitar o contacto com o recipiente de plástico e o próprio dente. (Figura 2) As limas endodônticas foram selecionadas de acordo com cada grupo, levando em consideração a preparação realizada previamente. No Grupo I, as leituras foram feitas com limas K #10, no Grupo II com limas K # 15 e no Grupo III com limas K #25

As limas foram fixadas ao conector e inseridas no canal radicular com movimentos oscilatórios até que o localizador apical indicasse uma distância de 0,5 mm aquém do forame apical. Em seguida, o stop de borracha foi ajustado para ficar nivelado com o bordo incisal. Após a remoção da lima do canal, a distância entre o stop de borracha e a ponta da lima endodôntica foi medida utilizando uma régua endodôntica milimétrica. Todos os comprimentos foram devidamente registados.

As medidas obtidas por meio dos localizadores apicais foram comparadas com o comprimento endodôntico real (CR) a fim de determinar a eficácia dos localizadores apicais eletrônicos em diferentes diâmetros. Para tal, utilizou-se o teste de Wilcoxon com nível de significância de 5% ($p= 0,05$).

4. RESULTADOS

4.1. Análise Estatística

Após inserção dos dados em Microsoft Excel (Microsoft Office Excel 2019, Redmond, USA), a análise estatística e representações gráficas foram realizadas com recurso ao software SPSS versão 29 (IBM, Armonk, NY, USA).

A análise descritiva dos resultados incluiu descrição de médias e desvios-padrão amostrais, valores mínimos e máximos referentes ao comprimento endodôntico por técnica de medição (referência ou localizador apical) e por diâmetro de lima utilizado. As mesmas estatísticas foram calculadas para a diferença entre as medições com localizadores apicais e a medição de referência.

Após teste à normalidade da distribuição do comprimento endodôntico por categoria de técnica de medição (teste Shapiro-Wilk), as comparações entre grupos independentes com mais de duas categorias foram realizadas recorrendo ao Teste de Kruskal-Wallis e entre grupos dependentes com o Teste de Friedman. As comparações múltiplas subsequentes foram obtidas automaticamente pelo software. Por fim, as comparações entre medições obtidas por cada localizador e a medição de referência foram realizadas recorrendo ao teste de Wilcoxon. O nível de significância utilizado no decorrer da análise foi de 0,05.

4.2. Resultados Propriamente Ditos

As estatísticas descritivas e comparações dos comprimentos endodônticos de referência entre as três categorias de limas encontram-se consignadas na Tabela 1 e são representadas pela Figura 5. Esta comparação tem por finalidade aferir se os comprimentos endodônticos se encontram equitativamente distribuídos entre os grupos de limas 10, 15 e 25.

O Teste de Kruskal-Wallis foi realizado para avaliar se existiam diferenças significativas entre os grupos de limas. O resultado indicou um valor de p significativo de 0,001, o que sugere que há pelo menos uma diferença significativa entre as limas. Para avaliar quais grupos de limas apresentam estas diferenças, foram realizadas comparações múltiplas. Os resultados mostram que a comparação entre as limas 10 e 15 não foi significativa ($p = 1,000$), mas a comparação entre as limas 15 e 25 ($p = 0,014$) e entre as limas 10 e 25 ($p = 0,001$) foram significativas.

Tabela 1. Estatísticas descritivas e comparações dos CE de referência entre categorias de lima (Teste de Kruskal-Wallis). \bar{x} : média amostral; s : desvio-padrão amostral; min: mínimo; max: máximo; CM: comparações múltiplas.

		CE de referência	
		$\bar{x}(s)$	$[min, max]$
Lima	10	19,94 (2,43)	[16,50; 23,50]
	15	20,59 (2,15)	[17,00; 24,00]
	25	22,94 (1,82)	[19,00; 26,50]
p		0,001	
p (CM)	10 vs. 15	1,000	
	15 vs. 25	0,014	
	10 vs. 25	0,001	

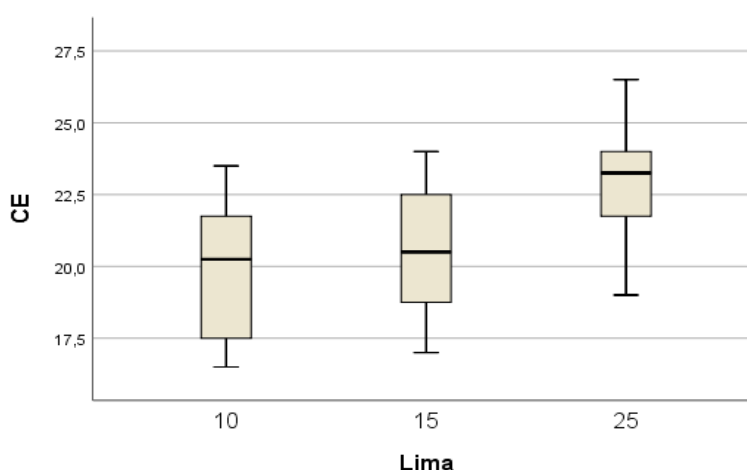


Figura 5. Representação gráfica em boxplot da distribuição de CE de referência por categoria de lima.

A Tabela 2 contém as comparações entre os comprimentos endodônticos de referência e aqueles obtidos através da utilização de localizadores apicais eletrônicos, por grupo de limas. No que diz respeito ao p^1 , utilizou-se o Teste de Friedman para comparar os localizadores por grupo de lima, enquanto que no p^2 o Teste de Kruskal-Wallis foi empregue para comparar os resultados dos grupos de limas por localizador apical.

No Teste de Friedman, apesar da comparação para lima 15 apresentar $p < 0,05$ (0,025), as comparações múltiplas não revelaram diferenças estatisticamente significativas entre os localizadores apicais.

Já o Teste de Kruskal-Wallis mostrou diferenças estatisticamente significativas entre os grupos de limas nos localizadores apicais Root ZX Mini e Wirele-x, com um valor de $p < 0,05$. As comparações múltiplas também revelaram uma diferença estatisticamente

significativa entre as limas 10 e 25 nos localizadores apicais Root ZX Mini (0,006) e Wirele-x (0,018).

Analisando os dados obtidos, verificou-se que as comparações múltiplas revelaram uma diferença estatisticamente significativa entre as limas 10 e 25 (0,006; 0,018) nos localizadores apicais Root ZX Mini (RZX) e Wirele-x (W).

Adicionalmente, cabe ressaltar que o grupo de limas 25 evidenciou os valores mínimos e máximos mais elevados, enquanto que o grupo de limas 10 apresentou valores mínimos e máximos mais baixos em relação aos demais grupos de limas.

Tabela 2. Comparações do CE entre localizadores e referência, por lima. RZX: Root ZX mini; AP: Ai-Pex; W: Wirele-x. ; \bar{x} : média amostral; s: desvio-padrão amostral; min: mínimo; max: máximo; CM: comparações múltiplas.

		CE						P^1
		RZX		AP		W		
		$\bar{x}(s)$	[min, max]	$\bar{x}(s)$	[min, max]	$\bar{x}(s)$	[min, max]	
Lima	10	19,59 (2,33)	[16,0; 23,0]	19,59 (2,35)	[16,0; 23,0]	19,50 (2,38)	[16,0; 23,5]	0,325
	15	20,09 (2,06)	[16,5; 24,0]	20,22 (1,99)	[17,0; 24,0]	19,94 (1,94)	[17,0; 23,5]	0,025
	25	22,16 (1,46)	[19,0; 25,0]	22,28 (1,65)	[18,5; 25,5]	22,03 (1,59)	[19,0; 25,5]	0,215
P^2		0,008		0,091		0,023		
P (CM)	10 vs 15	0,816		-		0,536		
	15 vs 25	0,142		-		0,480		
	10 vs 25	0,006		-		0,018		

¹ Teste de Friedman (apesar da comparação para lima 15 apresentar $p < 0,05$, as comparações múltiplas não revelaram diferenças estatisticamente significativas entre localizadores)

² Teste de Kruskal-Wallis

Os dados apresentados na Tabela 3 e representados pela Figura 6 referem-se às estatísticas descritivas da diferença entre a leitura do localizador apical e o comprimento de referência, por lima e tipo de localizador.

Os resultados mostram que para todas as limas, houve diferença estatisticamente significativa entre as leituras dos localizadores apicais e o comprimento de referência, com o $p < 0,01$ em todos os casos. Este facto indica uma discrepância entre as leituras de todos os localizadores e as medidas de referência.

Além disso, foi observado que, em média as limas 25 apresentam os maiores valores de Δ CE (diferença entre a medição do comprimento endodôntico feita pelo localizador e o valor de referência) em comparação com as limas 10 e 15, para todos os tipos de localizadores. Também é possível notar que para os três grupos de limas, o localizador apical eletrônico

Wirele-x (W) apresentou as maiores médias de Δ CE em comparação com os outros localizadores.

Tabela 3. Estatísticas descritivas de Δ CE (leitura localizador - referência) por lima e tipo de localizador apical. Comparações face aos valores de CE referência (Teste de Wilcoxon). RZX: Root ZX mini; AP: Ai-Pex; W: Wirele-x; \bar{x} : média amostral; s: desvio-padrão amostral.

		Δ CE							
		RZX		<i>p</i>	AP		<i>p</i>	W	
		\bar{x} (s)			\bar{x} (s)			\bar{x} (s)	<i>p</i>
Lima	10	-0,34 (0,24)	0,001	-0,34 (0,30)	0,002	-0,44 (0,31)	0,001		
	15	-0,50 (0,37)	0,001	-0,38 (0,34)	0,003	-0,66 (0,51)	0,002		
	25	-0,78 (0,66)	0,003	-0,66 (0,47)	0,001	-0,91 (0,52)	0,001		

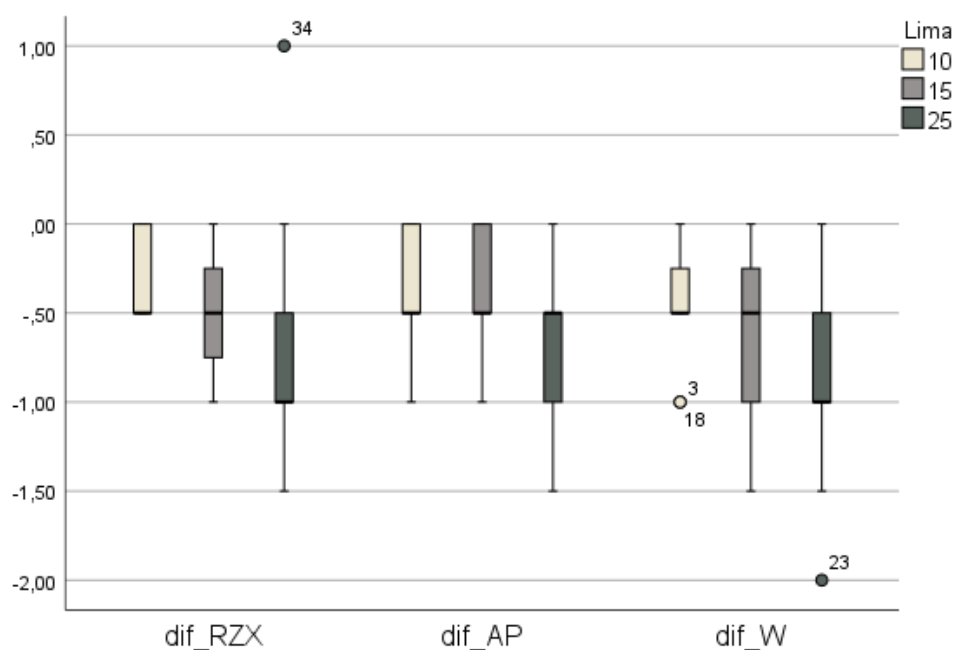


Figura 6. Representação gráfica em boxplot da distribuição de Δ CE por localizador e lima.

Os dados da Tabela 4 mostram a percentagem da distância entre o comprimento endodôntico de referência e o comprimento endodôntico obtido pelos localizadores apicais. Nenhum dos resultados obtidos neste estudo ultrapassou o forâmen apical. No localizador Root Zx Mini, 94% das leituras resultaram em valor com diferença de até 1 mm em relação ao valor de referência, enquanto 6% estavam entre 1,01 e 1,5 mm. No localizador Ai-Pex 96% ficaram

a \leq 1 mm e 4% estavam entre 1,01 e 1,5 mm. Nas leituras feitas pelo Wirele-x, 90% estavam a \leq 1 mm da referência, 8% estavam entre 1,01 e 1,5 mm e 2% entre 1,51 e 2 mm.

Tabela 4. Comparações entre o CE de referência e as leituras obtidas pelos localizadores. RZX: Root ZX mini; AP: Ai-Pex; W: Wirele-x.

		RZX		AP		W	
		n = 48	%	n = 48	%	n = 48	%
Distância até o comprimento endodôntico real (mm) *	-2 até -1,51	-	-	-	-	1	2%
	-1,5 até -1,01	3	6%	2	4%	4	8%
	-1 até -0,51	13	27%	7	15%	14	30%
	-0,5 até 0	32	67%	39	81%	29	60%
	+0,01 até +0,5	-	-	-	-	-	-

* Valores negativos indicam posição da ponta da lima aquém do valor de referência. Valores positivos indicam posição da ponta da lima além do valor de referência.

5. DISCUSSÃO

A Endodontia é uma área da Medicina Dentária que se concentra no estudo e tratamento da parte interna do dente. O seu principal objetivo consiste em fornecer tratamentos eficazes que visem preservar a integridade dos dentes. Através da compreensão da anatomia interna do dente, é possível remover a polpa infetada, limpar o sistema canalar e realizar a obturação, com o intuito de prevenir futuras infecções. ^(1,4)

A terapia endodôntica é um procedimento complexo e a execução adequada de cada uma de suas etapas é fundamental para garantir o sucesso do tratamento. Entre estas etapas, a determinação do comprimento endodôntico é uma das mais importantes, uma vez que limita a ação do operador durante as fases de instrumentação e obturação. Esta limitação é crucial para evitar danos aos tecidos periapicais, uma vez que os instrumentos só devem ser utilizados dentro dos limites estabelecidos pelo comprimento endodôntico. ⁽⁶⁾

Algumas das falhas mais graves durante o tratamento endodôntico, como sub-obturação e sobre-obturação, podem ser evitadas com uma medição precisa do comprimento endodôntico. A instrumentação incompleta leva ao acúmulo de depósitos de dentina e ao bloqueio do canal. Se restos de polpa e bactérias forem deixados no terço apical do canal, eles podem iniciar ou perpetuar a inflamação perirradicular após a terapia endodôntica, levando ao insucesso do tratamento. ⁽¹¹⁾ Por outro lado, se houver uma instrumentação excessiva e a constrição apical for destruída, detritos infetados e bactérias serão levados aos tecidos periapicais, causando a disseminação da infecção para os tecidos periodontais e uma eventual destruição tecidual. ⁽²⁷⁾ Além disso, a sobre-obturação também pode causar uma reação de corpo estranho na área do tecido periapical. ^(13,14)

Devido à necessidade de se obter corretamente o comprimento endodôntico, foram desenvolvidos aparelhos, tais como os localizadores apicais eletrônicos, que permitem que a determinação do mesmo seja realizada com maior precisão, rapidez e previsibilidade, melhorando a eficácia do tratamento. Os localizadores apicais modernos determinam a distância até o fim do ápex comparando as impedâncias, que são medidas usando diferentes frequências de corrente. A diferença de impedância é calculada para determinar a posição da lima no canal. ^(8,27)

Diversos estudos avaliaram a precisão dos localizadores apicais na determinação do comprimento endodôntico. É amplamente conhecido que os valores no monitor nem sempre correspondem à distância real em milímetro até o forâmen apical. Em vez disto, são unidades arbitrárias que indicam se a ponta da lima está a se aproximar ou afastar do forâmen. ^(35,36) Dois

novos dispositivos - Wirele-x e Ai-Pex - prometem garantir máxima precisão na localização do forâmen apical. Neste estudo foram comparadas as leituras endodônticas destes novos localizadores com o Root Zx Mini, que é um localizador comumente utilizado e que corresponde ao *gold standard* da atualidade. O objetivo foi verificar a precisão dos localizadores apicais eletrônicos em determinar o comprimento endodôntico comparativamente com as medidas de referência. Além disto, comparamos as medições dos três dispositivos em diferentes diâmetros apicais.

Foram utilizados 48 dentes uniradiculares extraídos. Os espécimes foram mantidos em 2,5% de hipoclorito de sódio, em concordância com os estudos de Miguita *et al.*, Baruah *et al.*, e Mull *et al.*, a fim de eliminar os remanescentes do ligamento periodontal e outros resíduos da superfície externa radicular. ^(5,37,38)

Os dentes selecionados para participar deste estudo deveriam apresentar formação completa da raiz, possuir apenas um canal, não apresentar curvaturas severas, e ainda apresentar ausência de lesões de cáries, fraturas e reabsorções radiculares. Estas características permitiram uma melhor padronização da amostra.

Tselnik *et al.*, Fouad *et al.*, Kobayashi *et al.*, e Lucena *et al.* optaram por desgastar as coroas dentárias até as camaras pulpares estarem expostas, para facilitar o acesso aos canais. ^(35,39-41) Outros autores como Plotino *et al.*, Prasad *et al.*, Bernardes *et al.* e ElAyouti *et al.*, decidiram manter a coroa dentária para uma melhor simulação das condições clínicas, com a convicção de que todas as etapas do tratamento endodôntico estão interligadas. ^(9,26,42-44) Assim, as aberturas coronárias da presente amostra foram realizadas de acordo com o padrão da literatura científica, com abordagens minimamente invasivas. ⁽⁹⁾

De acordo com os autores Miguita *et al.*, Plotino *et al.*, Prasad *et al.* e ElAyouti *et al.*, os bordos incisais foram desgastados com a finalidade de criar uma superfície plana e estável, facilitando o posicionamento do stop de borracha das limas durante as leituras e garantindo a obtenção de leituras mais confiáveis. ^(5,9,26,43)

De seguida, procedeu-se a ampliação e padronização dos diâmetros apicais com o uso de limas manuais de aço inoxidável, em ordem sequencial a partir da lima K #10. Então os dentes foram distribuídos em 3 grupos de 16 elementos cada. No primeiro grupo os ápices foram mantidos com diâmetro de 100µm, sendo que a lima K #10 foi a única a ser utilizada. Já no segundo grupo os diâmetros apicais foram trabalhados e alargados com as limas K #10 e 15 até chegarem a 150µm. Por último, o terceiro grupo ficou com os diâmetros apicais de 250µm após utilização das limas K #10, 15, 20 e 25.

O aparato de suporte adotado neste estudo teve como base o trabalho de Miguita *et al.* que utilizou esponja vegetal embebida com solução de hipoclorito de sódio para manter as raízes dos dentes submersas e estáveis durante o procedimento experimental. ⁽⁵⁾ Os canais radiculares foram irrigados com hipoclorito de sódio 2,5%, com remoção de todo o excesso de solução da câmara pulpar por meio de aspiração negativa, mantendo os canais húmidos para facilitar as leituras dos dispositivos. ^(35,41,44) Um estudo conduzido por Jenkins *et al.* menciona não haver diferença significativa nas leituras realizadas com localizador apical na presença de vários irrigantes, incluindo o hipoclorito de sódio. ⁽⁴⁶⁾

O comprimento do canal radicular é geralmente definido como a distância entre o pavimento da câmara pulpar e o forâmen apical. Já o comprimento endodôntico é a distância que vai desde o bordo incisal à constrição apical. Para fins de clareza nas definições, neste estudo, sempre que fizermos referência ao comprimento do canal, estaremos nos referindo à distância entre o bordo incisal e o forâmen apical.

O comprimento real do canal foi determinado visualmente mediante a passagem da lima K #10 no canal até a sua visualização no forâmen apical, com auxílio de um microscópio óptico com ampliação de 10x. A medição do comprimento do canal, a partir da ponta da lima até o stop de borracha, foi realizada por meio de uma régua endodôntica com precisão de 0,5 mm. Os estudos conduzidos pelos autores Plotino *et al.*, Lucena *et al.*, Bernardes *et al.* e Stoll *et al.* também foram executados seguindo os mesmos procedimentos. ^(9,41,42,45)

Embora o canal radicular seja limitado pelo forâmen apical, o ponto de menor diâmetro encontra-se na constrição apical. De acordo com o estudo realizado por Ricucci & Langeland, a constrição apical representa o limite entre a polpa e o tecido periodontal. ⁽³⁾ O preparo do canal radicular deve ser idealmente realizado tendo a constrição apical como limite. Ao definir este limite, é possível evitar danos nos tecidos periapicais durante o tratamento e garantir o sucesso do mesmo. Segundo Kutler, apenas 20% dos forâmens apicais estão localizados coincidentemente com a constrição apical. ⁽¹³⁾ Estabelecer a posição da constrição apical do canal durante o tratamento endodôntico é uma tarefa árdua, principalmente devido à sua posição variável. ⁽¹⁰⁾ No estudo de Green, a localização da constrição foi apresentada como sendo 0,50-1 mm coronal ao forâmen apical. ⁽⁷⁾ Com base nessa informação, optou-se por utilizar, neste estudo, a indicação de 0,50 mm aquém do forâmen apical, considerando esta região como a constrição apical. Desta forma, o comprimento endodôntico foi determinado através da subtração de 0,50 mm dos comprimentos obtidos visualmente pelo microscópio, os quais serviram como parâmetro de referência no estudo.

A fim de obter um valor correspondente ao comprimento endodôntico, a indicação de 0,50 mm aquém do forâmen apical também foi empregue durante a leitura eletrônica do comprimento do canal. Nos localizadores apicais eletrônicos utilizados, um aviso era emitido no monitor quando a posição de 0,5 mm aquém do ápice foi atingida, e estes foram os valores registados. A utilização desta indicação nos localizadores apicais eletrônicos coincide com os estudos de Plotino *et al.*, Prasad *et al.*, Mull *et al.*, ElAyouti *et al.* e Fan *et al.* (9,26,38,43,47)

Através da análise dos resultados deste trabalho, é possível deduzir que as leituras obtidas com o dispositivo Ai-Pex foram mais precisas do que as obtidas com o Root Zx Mini e o Wirele-x. Embora as leituras obtidas pelo Ai-pex tenham sido apenas ligeiramente melhores do que as do Root Zx Mini, as leituras obtidas pelo Wirele-x foram consideravelmente piores, apresentando maiores médias de Δ CE, com quase 1 mm na utilização das limas 25 ($-0,91 \pm 0,52$).

Conforme demonstrado na Tabela 3 e na Figura 6, há uma diferença estatisticamente significativa entre as leituras obtidas pelos três localizadores apicais e o comprimento de referência, com $p < 0,01$ em todos os casos. Isso indica que os localizadores apicais nem sempre fornecem leituras precisas. Entretanto, devemos avaliar estes resultados com prudência e moderação, uma vez que a significância estatística pode não apresentar uma relevância clínica.

Estudos sobre a anatomia dos ápices radiculares constataram que a distância entre o forame apical e a constrição apical varia de 0,5 a 1 mm. (7,13,48) Por essas razões, a tolerância ± 1 mm do forame apical para as leituras feitas pelos localizadores apicais eletrônicos foi considerada clinicamente aceitável. No entanto, alguns estudos foram mais rigorosos e consideraram a tolerância de $\pm 0,5$ mm como clinicamente aceitável. (39,49,50) Neste experimento, consideramos que a tolerância de ± 1 mm seja clinicamente aceitável, porém, a tolerância de $\pm 0,5$ mm foi considerada mais precisa.

Com base nos resultados obtidos no presente estudo, os localizadores apicais eletrônicos utilizados podem ser considerados bastante confiáveis, concordando com as observações de outros autores. (41,50) As leituras obtidas através do Root Zx Mini foram consideradas clinicamente aceitáveis em 94% dos casos, enquanto no Ai-pex e no Wirele-x foram de 96% e 90%, respetivamente (Tabela 4). Os resultados indicam que o Wirele-x foi o dispositivo com pior desempenho, com 10% de valores acima do clinicamente aceitável. Levando em consideração que valores com $\pm 0,5$, em relação ao comprimento endodôntico real, são mais precisos, podemos declarar que o Ai-Pex se destacou em relação aos outros localizadores, com 81% de leituras precisas.

Importa salientar que nenhuma leitura realizada neste estudo ultrapassou o forâmen apical, o que garante confiabilidade do uso destes aparelhos durante o tratamento. Em relação ao Root Zx Mini, há vários artigos publicados que obtiveram resultados similares a este estudo. Os autores Plotino *et al.*, Bernardes *et al.* e Steffen *et al.* também não obtiveram leituras que ultrapassaram o forâmen apical. ^(9,42,51) Já os autores Tselnik *et al.*, Mull *et al.*, Lucena *et al.* e Kaufman *et al.* não estão em concordância com este estudo uma vez que apresentaram leituras além do forâmen. ^(35,38,41,50)

A literatura científica é escassa em relação a estudos sobre os dispositivos Wirele-x e Ai-Pex, possivelmente devido à sua recente introdução no mercado. No entanto, em uma análise comparativa Brand *et al.* avaliou os dispositivos Wirele-x e Root Zx Mini. O autor relatou que não foram observadas diferenças estatisticamente significativas entre os dois equipamentos e que ambos forneceram um alto nível de precisão e confiabilidade na localização do forâmen apical. ⁽³³⁾

Na literatura, existe uma falta de concordância em relação ao diâmetro da lima endodôntica que deve ser utilizada para efetuar as medições eletrônicas. Alguns autores como, Steffen *et al.*, sugerem a utilização de limas K #20 ou menores. ⁽⁵¹⁾ O fabricante do Root Zx Mini aconselha a realização das leituras com a lima K #10, enquanto no manual do Wirele-x é sugerido o uso de uma lima que se ajuste ao canal. Já no caso do Ai-Pex, não há nenhuma sugestão por parte do fabricante, ficando a cargo do clínico escolher a lima com calibre mais apropriado.

No estudo de Gordon & Chandler, é referido que as limas com o calibre semelhante ao diâmetro apical apresentam uma melhor probabilidade de fornecer leituras mais corretas, o que pode aumentar a chance de sucesso do tratamento endodôntico. ⁽⁸⁾ Movimentos verticais mínimos podem afetar as leituras dos localizadores apicais, tendo um grande impacto no comprimento endodôntico. Para evitar estes movimentos, é sugerido o uso de limas com calibre semelhante ao diâmetro apical, de forma a ficarem ajustadas no canal. ⁽⁴⁴⁾ Neste estudo, foram utilizadas limas com calibre adequado para cada diâmetro, tendo os diâmetros apicais sido trabalhados e alargados para formar três grupos com diâmetros diferentes, em cada um dos quais foi utilizado a lima cujo calibre coincidia com o diâmetro apical correspondente.

Neste estudo observou-se que, em média, o diâmetro apical de 250 μm , instrumentado até a lima K 25, apresentou os maiores valores de Δ CE em comparação com os diâmetros 100 μm e 150 μm , para todos os tipos de localizadores. A Tabela 3 mostra que houve diferença estatisticamente significativa entre as medições feitas com a lima 10, 15 e 25 ($p < 0,05$). Estes resultados estão de acordo com estudos que afirmam que quanto maior o diâmetro apical do

canal, mais imprecisos são os resultados das leituras com localizadores apicais eletrônicos, incluindo os estudos de Katz *et al.*, Huang, Fouad *et al.* e Jarcio. ^(19,23,39,44)

No que se refere à média amostral, podemos observar na Tabela 1 e na Figura 5 que o grupo de limas 25 destacou-se por apresentar um comprimento médio do canal significativamente mais elevado ($22,94 \pm 1,82$) do que as limas 15 ($20,59 \pm 2,15$) e as limas 10 ($19,94 \pm 2,43$). Isto indica que as limas 25 foram utilizadas para medir o comprimento do canal em dentes mais longos. Esta diferença pode ser explicada pelo fato de que a amostra não foi dividida de maneira equitativa, mas sim de maneira semelhante ao que seria feito na prática clínica. Os grupos foram criados utilizando percepção tátil para determinar se a lima estava justa ou larga no canal. No entanto, embora o objetivo fosse recriar condições clínicas, isso acabou se tornando uma limitação deste estudo, uma vez que há diferenças significativas entre os grupos de lima.

A utilização de régua endodôntica ao invés de um paquímetro digital pode ser considerada uma limitação deste estudo, uma vez que o uso de ferramentas digitais permite maior precisão e confiabilidade nas medições. Além disto, a ausência do uso do microscópio óptico durante as medições do comprimento endodôntico obtidas com os localizadores também pode ser considerada uma limitação.

Nos últimos anos, tem havido um aumento na realização de estudos *in vitro* que são cruciais para a avaliação dos localizadores apicais eletrônicos. Embora os estudos *in vitro* sejam importantes para a obtenção de dados experimentais, é importante notar que os resultados obtidos não podem ser diretamente aplicados às condições clínicas. Isto se deve ao fato de que, apesar de termos condições de simulação, outras variáveis podem interferir e alterar os resultados no *in vivo*.

6. CONCLUSÃO

Com base na metodologia do presente estudo e considerando a análise dos resultados, chegamos à conclusão de que:

- As leituras obtidas através do localizador apical eletrônico Ai-Pex foram mais precisas em comparação com as obtidas através do Root Zx Mini e do Wirele-x. Com o uso do Ai-Pex, as leituras estiveram mais próximas do tamanho real do canal, enquanto o Wirele-x apresentou leituras mais distantes desta referência.
- À medida que o diâmetro do forâmen apical aumenta, observa-se que as leituras utilizando os três aparelhos, ficam cada vez mais aquém dos valores de referência.
- O diâmetro apical de 250 μm , instrumentado até a lima K 25, apresentou maiores diferenças entre leituras obtidas através dos localizadores apicais e o comprimento real do canal, em comparação com os diâmetros 100 μm e 150 μm , para todos os tipos de localizadores.
- Foram identificadas diferenças estatisticamente significativas entre as leituras dos localizadores apicais e o comprimento real do canal, para os três localizadores apicais e os três grupos de limas. No entanto, a maioria destas diferenças não é considerada clinicamente significativa.

7. BIBLIOGRAFIA

1. Duncan HF, Galler KM, Tomson PL, Simon S, El-Karim I, Kundzina R, et al. European Society of Endodontology Position Statement: Management of deep caries and the exposed pulp. *International Endodontic Journal*. 2019;52(7):923–934.
2. Hulsmann M, Peters OA, Dummer PMH. Mechanical preparation of root canals: Shaping goals, techniques and means. *Endodontic Topics*. 2005;10(1):30–76.
3. Ricucci D, Langeland K. Apical limit of root canal instrumentation and obturation, part 2. A histological study. *International Endodontic Journal*. 1998;31(6):394–409.
4. Alley BS, Gray Kitchens G, Alley LW, Eleazer PD. A comparison of survival of teeth following endodontic treatment performed by general Dentists or by specialists. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*. 2004 Jul 4;98(1):115–118.
5. Miguita KB, Cunha RS, Davini F, Fontana CE, Bueno CE. Comparative analysis of two electronic apex locators in working length determination at endodontic therapy – an in vitro study. *RSBO*. 2011 Mar;8(1):25–29.
6. Sjögren U, Hägglund B, Sundqvist G, Wing K. Factors affecting the long-term results of endodontic treatment. *Journal of Endodontics*. 1990;16(10):498–504.
7. Green D. Stereomicroscopic study of 700 root apices of maxillary and mandibular posterior teeth. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology*. 1960;13(6):728–733.
8. Gordon MP, Chandler NP. Electronic apex locators. *International Endodontic Journal*. 2004;37(7):425–437.
9. Plotino G, Grande NM, Brigante L, Lesti B, Somma F. Ex vivo accuracy of three electronic apex locators: Root ZX, elements diagnostic unit and Apex Locator and ProPex. *International Endodontic Journal*. 2006;39(5):408–414.
10. Dummer PM, McGinn JH, Rees DG. The position and topography of the apical canal constriction and apical foramen. *International Endodontic Journal*. 1984;17(4):192–198.
11. Lin LM, Rosenberg PA, Lin J. Do procedural errors cause endodontic treatment failure? *The Journal of the American Dental Association*. 2005 Feb;136(2):187–193.
12. Sipavičiūtė E. Pain and flare-up after endodontic treatment procedures. *Stomatologija, Baltic Dental and Maxillofacial Journal*. 2014;16:25–30.
13. Kuttler Y. Microscopic investigation of Root Apexes. *The Journal of the American Dental Association*. 1955;50(5):544–552.

14. Seltzer S, Soltanoff W, Sinai I, Goldenberg A, Bender I. Biologic aspects of endodontics part III. Periapical tissue reactions to root canal instrumentation. *Journal of Endodontics*. 2004;26(5):694–705.
15. Goldman M, Pearson AH, Darzenta N. Endodontic success—who's reading the radiograph? *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology*. 1972;33(3):432–437.
16. Seidberg BH, Alibrandi BV, Fine H, Logue B. Clinical investigation of measuring working lengths of root canals with an electronic device and with digital-tactile sense. *The Journal of the American Dental Association*. 1975;90(2):379–387.
17. Ambrin, Tasleem F, Saleem A, Tasleem D, Ahmed T. Accuracy of paper point technique for final working length measurement after Canal preparation. *Pakistan Journal of Medical and Health Sciences*. 2021 Oct 30;15(10):3359–3362.
18. Martins JNR, Marques D, Mata A, Caramês J. Clinical efficacy of electronic apex locators: Systematic review. *Journal of Endodontics*. 2014;40(6):759–777.
19. Katz A, Tamse A, Kaufman AY. Tooth length determination: A Review. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology*. 1991;72(2):238–242.
20. Custer. LE. Exact Methods of Locating the Apical Foramen. *The Journal of the National Dental Association*. 1918;5(8):815–819.
21. Suzuki K. Experimental study on iontophoresis. *Japanese Journal of Stomatology*. 1942;16:411–429.
22. Sunada I. New method for measuring the length of the Root Canal. *Journal of Dental Research*. 1962;41(2):375–387.
23. Huang L. An experimental study of the principle of electronic root canal measurement. *Journal of Endodontics*. 1987;13(2):60–74.
24. Komamura D, Matsumoto H, Kawaguchi Y, Sunada I. The method for measuring the length of the tooth using the A C ohmmeter. *Japanese Journal of Conservative Dentistry*. 1965;7:221–226.
25. Puri N, Chadha R, Kumar P, Puri K. An in vitro comparison of root canal length determination by DentaPort ZX and IPEX Apex Locators. *Journal of Conservative Dentistry*. 2013 Nov 2;16(6):555–568.
26. Prasad AB, Srivastava H, Srivastava AA, Raisingani D. An Invitro Evaluation of the Accuracy of Two Electronic Apex Locators to Determine Working Length in the Presence of Various Irrigants. *Ethiopian Journal of Health Sciences*. 2016;26(5):457.
27. Frank AL, Torabinejad M. An in vivo evaluation of Endex Electronic Apex Locator. *Journal of Endodontics*. 1993;19(4):177–189.

28. Mayeda DL, Simon JHS, Aimar DF, Finley K. In vivo measurement accuracy in vital and necrotic canals with the endex apex locator. *Journal of Endodontics*. 1993;19(11):545–558.
29. Chevalier V, Arbab-Chirani R, Nicolas M, Morin V. Occurrence of no-function of two electronic apex locators: An in vivo study. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*. 2009;108(6).
30. Wolf TG, Stiebritz M, Boemke N, Elsayed I, Paqué F, Wierichs RJ, et al. 3-dimensional analysis and literature review of the root canal morphology and physiological foramen geometry of 125 mandibular incisors by means of micro-computed tomography in a German population. *Journal of Endodontics*. 2019;46(2):184–191.
31. Pécora JD, Saquy PC, Sousa Neto MD, Woelfel JB. Root form and canal anatomy of maxillary first premolars. *Brazilian Dental Journal*. 1992;2(2):87–94.
32. Philippas GG. Influence of Occlusal Wear and Age on Formation of Dentin and Size of Pulp Chamber. *Journal of Dental Research*. 1961;40(6):1186–1198. doi:10.1177/00220345610400061301
33. Brand L, Dunlap CA, Scott R, Arias A, Peters O. An in vitro evaluation of the wirele-X Electronic Apex Locator. *Australian Endodontic Journal*. 2022.
34. Ai-Pex Woodpecker - Apex locator with pulp tester • RUMAR [Internet]. [cited 2023 Jun 22]. Available from: <https://rumarcedeira.com/en/shop/aparatologia/ai-pex-apex-locator-pulp-tester-28-208/>
35. Tselnik M, Baumgartner J, Marshall J. An evaluation of root ZX and elements diagnostic apex locators. *Journal of Endodontics*. 2005 Jul;31(7):507–509.
36. Higa RA, Adorno CG, Aqeel Khalil Ebrahim, Suda H. Distance from file tip to the major apical foramen in relation to the numeric meter reading on the display of three different electronic apex locators. 2009 Dec 1;42(12):1065–1070.
37. Baruah Q, Sinha N, Singh B, Reddy PN, Baruah K, Augustine V. Comparative Evaluation of Accuracy of Two Electronic Apex Locators in the Presence of Contemporary Irrigants: An In vitro Study. *Journal of International Society of Preventative and Community Dentistry*. 2018 Jul 18;8(4):349–353.
38. Mull Jp, Manjunath V, Manjunath M. Comparison of accuracy of two electronic apex locators in the presence of various irrigants: An in vitro study. *Journal of Conservative Dentistry*. 2012;15(2):178.
39. Fouad A, Rivera E, Krell K. Accuracy of the Endex with variations in canal irrigants and Formane Size. *Journal of Endodontics*. 1993;19(2):63–67.

40. Kobayashi C, Suda H. New electronic canal measuring device based on the ratio method. *Journal of Endodontics*. 1994;20(3):111–124.
41. Lucena-Martín C, Robles-Gijón V, Ferrer-Luque C, Navajas-Rodríguez de Mondelo J. In vitro evaluation of the accuracy of three electronic apex locators. *Journal of Endodontics*. 2004;30(4):231–243.
42. Bernardes RA, Duarte MAH, Vasconcelos BC, Moraes IG, Bernardineli N, Garcia RB, et al. Evaluation of precision of length determination with 3 electronic apex locators: Root ZX, elements diagnostic unit and Apex Locator, and Romiapex D-30. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*. 2007 May 6;104(4).
43. ElAyouti A, Lost C. A simple mounting model for consistent determination of the accuracy and repeatability of Apex Locators. *International Endodontic Journal*. 2006;39(2):108–112.
44. Baldi J. Influência do Diâmetro do Forame Apical e do Calibre do Instrumento Endodontico nas Leituras Odontométricas Proporcionadas por Dois Aparelhos Localizadores Apicais. [Faculdade de Odontologia de Bauru]; 2005.
45. Stoll R, Urban-Klein B, Roggendorf MJ, Jablonski-Momeni A, Strauch K, Frankenberger R. Effectiveness of four electronic apex locators to determine distance from the apical foramen. *International Endodontic Journal*. 2010;43(9):808–817.
46. Jenkins J, Walker W, Schindler W, Flores C. An In Vitro Evaluation of the Accuracy of the Root ZX in the Presence of Various Irrigants. *Journal of Endodontics*. 2001 Mar;27(3):209–211.
47. Fan W, Fan B, Gutmann JL, Bian Z, Fan MW. Evaluation of the accuracy of three electronic apex locators using glass tubules. *International Endodontic Journal*. 2006 Feb;39(2):127–135.
48. Stein T. Radiographic “Working Length” Revisited. Corcoran J, editor. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, and Oral Radiology*. 74(6):796–800.
49. Czerw RJ, Fulkerson MS, Donnelly JC. An in vitro test of a simplified model to demonstrate the operation of electronic root canal measuring devices. *Journal of Endodontics*. 1994 Dec;20(12):605–616.
50. Kaufman AY, S. Keila, Yoshpe M. Accuracy of a new apex locator: an in vitro study. *International Endodontic Journal*. 2002 Feb 1;35(2):186–192.

51. Steffen H, C. Splieth, Behr KH. Comparison of measurements obtained with hand files or the Canal Leader attached to electronic apex locators: an in vitro study. 1999 Mar 1;32(2):103–107.

8. ANEXOS

Anexo I: Autorização da Comissão de Ética da Faculdade de Medicina Dentária da Universidade de Lisboa acerca da utilização de dentes extraídos.



**FACULDADE DE MEDICINA DENTÁRIA
UNIVERSIDADE DE LISBOA**

Comissão de Ética

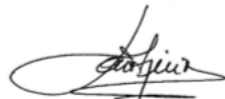
Parecer 202001

A Comissão de Ética da Faculdade de Medicina Dentária da Universidade de Lisboa (CE-FMDUL) considera que a utilização de dentes ou partes de dentes, para investigação ou ensino, em que não conste a identidade do dador e em que seja impossível a respetiva identificação, não carece de parecer prévio favorável da CE-FMDUL.

É este, segundo melhor opinião, o parecer desta Comissão de Ética.

Lisboa, 7 de março de 2023

O presidente da CE-FMDUL



(João Aquino – professor catedrático)

Anexo II: Comprimento Endodôntico Real dos Dentes da Amostra

Dente	CR (mm)
1	23
2	24
3	23
4	23,5
5	21
6	21,5
7	21
8	22,5
9	19
10	23
11	19,5
12	17
13	22
14	19
15	16,5
16	17,5
17	17
18	23
19	18,5
20	19
21	16,5
22	20
23	24,5
24	24
25	23,5
26	23,5
27	19,5
28	23,5
29	24
30	24,5
31	23
32	21
33	23,5
34	20
35	18
36	21
37	19
38	19,5
39	26,5
40	23
41	22
42	17
43	18,5
44	22
45	21,5
46	22,5

47	21,5
48	21,5

Anexo III: Distribuição da Amostra em Grupos

Grupo I	Grupo II	Grupo III
3	8	1
4	11	2
5	13	6
7	19	9
12	22	10
14	24	23
15	32	25
16	33	26
17	35	28
18	36	29
20	37	30
21	38	31
27	40	34
41	42	39
45	43	44
48	46	47

Anexo IV: Resultados do Grupo I

Dente	CR	RZX	AP	W
3	23	22,5	22,5	22
4	23,5	23	23	23,5
5	21	21	21	21
7	21	20,5	20,5	20,5
12	17	17	17	17
14	19	18,5	19	18,5
15	16,5	16	16	16
16	17,5	17,5	17	17
17	17,5	17	17	17
18	23	22,5	22,5	22
20	19	19	19	19
21	16,5	16,5	16,5	16
27	19,5	19	19	19
41	22	21,5	21	21,5
45	21,5	21	21,5	21
48	21,5	21	21	21

Anexo V: Resultados do Grupo II

Dente	CR	RZX	AP	W
8	22,5	22	22	21
11	19,5	19,5	19,5	19,5
13	22	21	21	21
19	18,5	18	18,5	18
22	20	19	19,5	19
24	24	24	24	23,5
32	21	20,5	20,5	20,5
33	23,5	22,5	23	22,5
35	18	18	18	18
36	21	20,5	20,5	20
37	19	19	19	19
38	19,5	19	19	18
40	23	22,5	22	22,5
42	17	16,5	17	17
43	18,5	18	18	18
46	22,5	21,5	22	21,5

Anexo VI: Resultados do Grupo III

Dente	CR	RZX	AP	W
1	23	23	23	22
2	24	23	23,5	23
6	21,5	20,5	21	21
9	19	19	18,5	19
10	23	22	23	21,5
23	24,5	23	23	22,5
25	23,5	22,5	23	22,5
26	23,5	23	22,5	22,5
28	23,5	22,5	23	22,5
29	24	23,5	23,5	24
30	24,5	23	23	23
31	23	22	22	22
34	20	19	20	19,5
39	26,5	25	25,5	25,5
44	22	21	21	21
47	21,5	20,5	21	21