



INFLUÊNCIA DO AJUSTE APICAL NA ACURÁCIA DE TRÊS LOCALIZADORES ELETRÔNICOS FORAMINAIS

Influence of apical adjustment on the accuracy of three electronic foramen locators

Matheus de Sousa Aguiar^a
Vitória Santos Moura^b
Cassia Resende Borges^c
Rebeka Esther Siqueira de Farias Furtado^d
Ana Carolina Targino Rios^e
Hamilton rodrigues Tabosa^f
Aliny Rodrigues Lessa^g
Isabela Brito Freitas^h
Diego Martins de Paulaⁱ
Francisco Nathizael Ribeiro Gonçalves^j

RESUMO

Determinar precisamente o FA e CA é essencial para o sucesso do tratamento endodôntico, pois a localização correta do CT melhora o desfecho clínico. Embora métodos radiográficos sejam comuns, eles apresentam limitações, como distorções de imagem e superposição anatômica. Assim, os LEFs surgiram para maior precisão. Inovações nesses dispositivos, como a utilização de correntes alternadas e a análise de impedância, aumentaram a exatidão e o conforto do paciente. O objetivo do estudo foi avaliar a influência do ajuste da lima a região foraminal na precisão de três localizadores eletrônicos foraminais (LEFs): NovApex, RomiApex -15 e Motor E-Connect S. Foram utilizadas 15 raízes disto-vestibulares de molares superiores. A patência foraminal foi verificada com lima K #15, e dentes sem patência foram excluídos. As medições foram feitas em triplicata, utilizando o ápice (0.0) como referência em cada LEF, com registros feitos por um paquímetro digital e lançados em planilha. Após instrumentação com limas #25.08 e #40.02, as medições foram reavaliadas com os LEFs e a lima #40.02, com margens de erro de 0.0, ± 0.5 e ± 1.0 . Os resultados indicaram submedições predominante em todos os LEFs. Foi constatado diferença estatística significativa ($p=0,023$), sendo o Novapex o que preciso. O E-Connect S obteve a menor exatidão. Dessa forma, pôde-se perceber que o ajuste da lima a região apical interferiu na precisão dos LEFs. Conclui-se que o alargamento apical pode comprometer a precisão dos LEFs, com o Romiapex A-15 mostrando-se a opção mais confiável para canais menos alargados.

Palavras-chave: Endodontia. Odontometria. Localizador eletrônico foraminal.

ABSTRACT

Precisely determining the FA and CA is essential for successful endodontic treatment, as the correct location of the CT improves clinical outcomes. Although radiographic methods are commonly used, they have limitations, such as image distortion and anatomical overlap. Therefore, LEFs emerged to increase accuracy. Innovations in these devices, such as alternating currents and impedance analysis, have enhanced precision and patient comfort. The objective of this study was to evaluate the influence of file adjustment in the foraminal region on the accuracy of three foraminal electronic apex locators (LEFs): NovApex, RomiApex-15, and Motor E-Connect S. Fifteen disto-buccal roots of upper molars were used. Foraminal patency was checked with a #15 K-file, and teeth without patency were excluded. Measurements were taken in triplicate, using the apex (0.0) as a reference in each LEF, recorded with a digital caliper, and entered into a spreadsheet. After instrumentation with files #25.08 and #40.02, measurements were reevaluated with the LEFs and the #40.02 file, with error margins of 0.0, ± 0.5 , and ± 1.0 . The results showed predominant underestimations in all LEFs. A statistically significant difference was found ($p=0.023$), with NovApex showing the highest accuracy. The E-Connect S had the lowest accuracy. Thus, it was observed that file adjustment in the apical region affected LEF accuracy. It is concluded that apical enlargement may compromise LEF accuracy, with RomiApex-15 being the most reliable option for less enlarged canals.

Key words: Endodontics. Odontometry. Electronic apex locator.

INTRODUÇÃO

A determinação precisa da localização do forame apical e da constrição apical (CA) é crucial para o sucesso do tratamento endodôntico, pois o correto estabelecimento do comprimento de trabalho (CT) impacta diretamente a eficácia da instrumentação e obturação dos canais radiculares (Ingle *et al.*, 2008). O CT é definido como a distância entre o ponto de referência coronal e o local onde o preparo e a obturação devem cessar, e, conforme vários autores, esse ponto deve estar na constrição apical (Vasconcelos *et al.*, 2015). A CA, também chamada de forame menor, representa a transição entre o periodonto e

os tecidos pulpare, o que destaca sua relevância como referência para o limite de instrumentação (Camargo *et al.*, 2009).

Estudos indicam que a CA geralmente está situada entre 0,5 e 1,0 mm do forame maior, evidenciando que ultrapassar esse limite pode resultar em danos aos tecidos periapicais, retardando a cura, enquanto a instrumentação insuficiente prejudica a limpeza do canal radicular (Soraes *et al.*, 2013). A determinação do CT pode ser feita por diferentes métodos, incluindo a radiografia periapical, amplamente utilizada, mas suscetível a erros como superposição de estruturas e distorção de imagem (Walton *et al.*, 2008). O método eletrônico, proposto inicialmente por Custer (1918), utilizava a condutividade elétrica para localizar o forame apical e se mostrava vantajoso por reduzir a necessidade de radiografias, especialmente para gestantes e crianças, além de economizar tempo (COHEN *et al.*, 2011).

Os primeiros localizadores eletrônicos foraminais (LEFs), chamados de aparelhos de 1ª geração, usavam correntes contínuas de baixa amperagem, mas apresentavam problemas de precisão, principalmente na presença de umidade, que fechava o circuito antes do forame apical (MCDONALD, 1992).

Os aparelhos de 2ª geração, utilizando corrente alternada, ofereceram maior precisão, apesar de enfrentarem dificuldades nas medições devido à necessidade de frequências altas (cerca de 400 kHz). Já os aparelhos de 3ª geração, apresentados por Yamaoka *et al.*, (1989), basearam-se na variação de impedância na região apical do canal, considerando a mudança de condutividade nas paredes do canal conforme a proximidade com a região apical (Pilot; Pitts, 1997). Essa variação de impedância resulta de uma redução na capacidade de isolamento elétrico do canal na área apical, devido ao aumento na espessura dentinária, e permite uma medição mais precisa (Oishi *et al.*, 2002).

Esses avanços destacam o papel dos localizadores apicais eletrônicos na precisão do tratamento endodôntico, auxiliando na redução de erros e

promovendo maior conforto e segurança ao paciente. Dessa forma, o objetivo da pesquisa será avaliar a influência do ajuste da lima a região foraminal na precisão de três localizadores eletrônicos foraminais (LEFs): NovApex, RomiApex -15 e Motor E-Connect S.

MATERIAIS E MÉTODOS

A pesquisa obteve aprovação prévia do Comitê de Ética em Pesquisa da Faculdade Paulo Picanço (FACPP), sob o protocolo número 6.985.517/2024.

Seleção da Amostra

Seguindo Gonçalves *et al.* (2024), quinze canais disto-vestibulares (DV) de raízes de molares superiores totalmente formados e retos foram selecionados. Essas raízes foram extraídas e doadas por pacientes mediante consentimento informado, sendo depositadas no banco de dentes da FACPP. A escolha dos canais DV de molares superiores para este experimento se deu devido à tendência desses canais apresentarem uma anatomia mais padronizada, sendo geralmente mais retos e com diâmetro menor, o que permite melhor adaptação ao conicidade das limas usadas na instrumentação. Além disso, o formato transversal dos canais DV tende a ser mais arredondado, minimizando possíveis vieses ao usar canais achatados com istmos. Canais calcificados, aqueles que não puderam ser mantidos permeáveis e aqueles com trincas ou fraturas visíveis foram excluídos, assim como raízes em que a mensuração do comprimento utilizando LEFs foi dificultada. Os dentes selecionados foram armazenados em refrigeração em solução de timol a 0,2% até o início dos procedimentos de instrumentação do canal radicular. O estudo teve início após a obtenção de aprovação ética pelo Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos.

Preparo da Amostra

Os procedimentos laboratoriais e mensurações foram adaptados de Gonçalves *et al.* (2024). Os dentes selecionados foram radiografados nas direções vestibulo-palatina e méso-distal para classificá-los dentro dos critérios de seleção. As radiografias foram analisadas usando o *software Image J* para

Influência do ajuste apical na acurácia de três localizadores eletrônicos foraminais

confirmar que o diâmetro apical era inferior a 250 micrômetros. Após isso, foi realizada uma abertura coronária (Figura 1) com ponta diamantada 1014 HL (KG Sorensen, São Paulo, Brasil) em alta rotação, finalizada com ponta diamantada 3080 (KG Sorensen, São Paulo, Brasil). A superfície oclusal de cada dente foi então aplainada para padronizar o comprimento em 17 mm (Figura 2 e 3), utilizando um paquímetro digital (Mitutoyo, Suzano, Brasil) e ponta diamantada 3080. Este passo visou facilitar a colocação do batente de silicone durante a mensuração do comprimento de trabalho, assegurando maior precisão.

Figura 1: Acesso



Figura 2: desgaste de cúspide



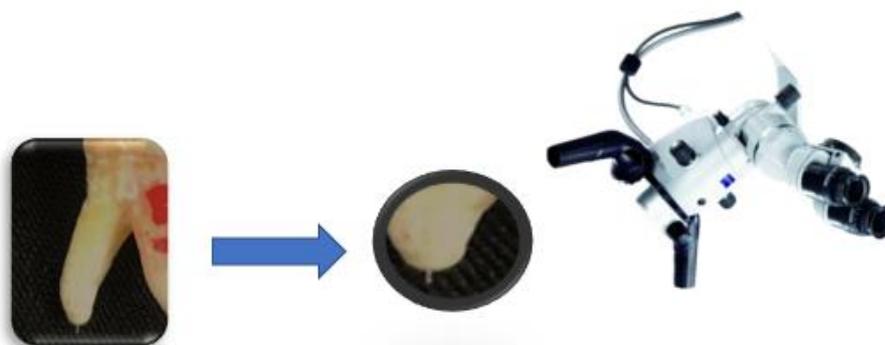
Figura 3: Configuração final



Verificação da Odontometria pelo Método Direto (Visual)

A lima #15 (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Suíça) foi introduzida no forame apical (FA) até que sua ponta estivesse visível no FA, sob um microscópio clínico com aumento de 16x (Alliance, São Carlos, SP, Brasil). Neste ponto, o batente de silicone na lima foi ajustado contra a superfície oclusal do dente. O instrumento foi então removido, e o comprimento real do canal (CRC) foi determinado usando um paquímetro digital com precisão de 0,001 mm (Mitutoyo, Suzano, SP, Brasil). As medições foram feitas em triplicata, e a média do comprimento obtido foi considerada como o comprimento inicial (Figura 4).

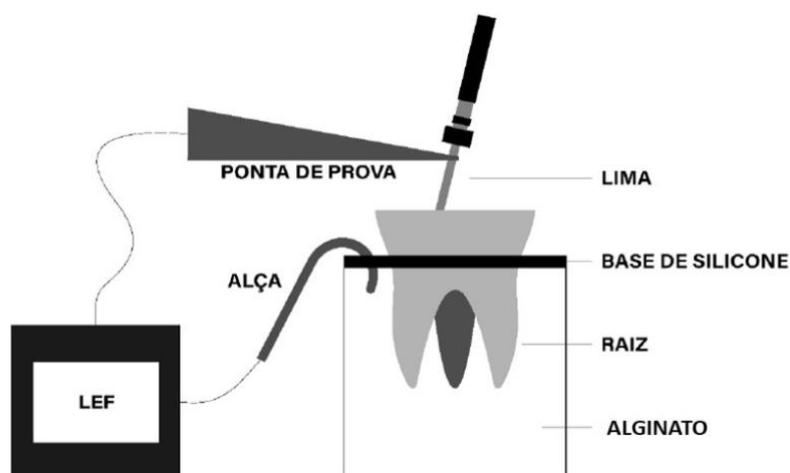
Figura 4: odontometria visual.



Verificação da odontometria pelo método de localização apical eletrônica

Após o método visual de odontometria, os espécimes foram instrumentados usando limas #25.08 e #40.02 para obter um canal previamente cônico, com foco no alargamento da região apical. Para simular o ambiente bucal, os espécimes foram montados em um dispositivo de acrílico e embebidos em alginato. Para essa análise, foram utilizados o Romiapex A15, Novapex e o Motor E-Connect S com localizador integrado. O ponto de referência eletrônico foi ajustado para 0,0 (ápice) em cada dispositivo. Cada medição foi realizada em triplicata, e os dados obtidos foram comparados com a medida de referência. Em cada medição, a lima foi gradualmente inserida no canal radicular até que o visor indicasse a marcação de ápice (0,0), acompanhada de um sinal sonoro. O cursor de silicone foi ajustado coronalmente, e a medição foi considerada correta se o instrumento permanecesse estável no comprimento por até 5 segundos. A lima foi então removida, e a distância entre o cursor e a ponta da lima foi medida usando um paquímetro digital. Para maior precisão dentro de uma faixa aceitável, foi usada uma lupa de aumento de 3,5x (Bio-Art, São Paulo, Brasil). Os procedimentos laboratoriais foram realizados por um único operador calibrado. Cada medição foi feita em triplicata, e os valores médios foram posteriormente analisados. As medições de odontometria eletrônica foram feitas com a lima #40.02 (Figura 5).

Figura 5: Esquema do dente acoplado ao dispositivo para realizar odontometria



Coleta de Dados e Análise Estatística

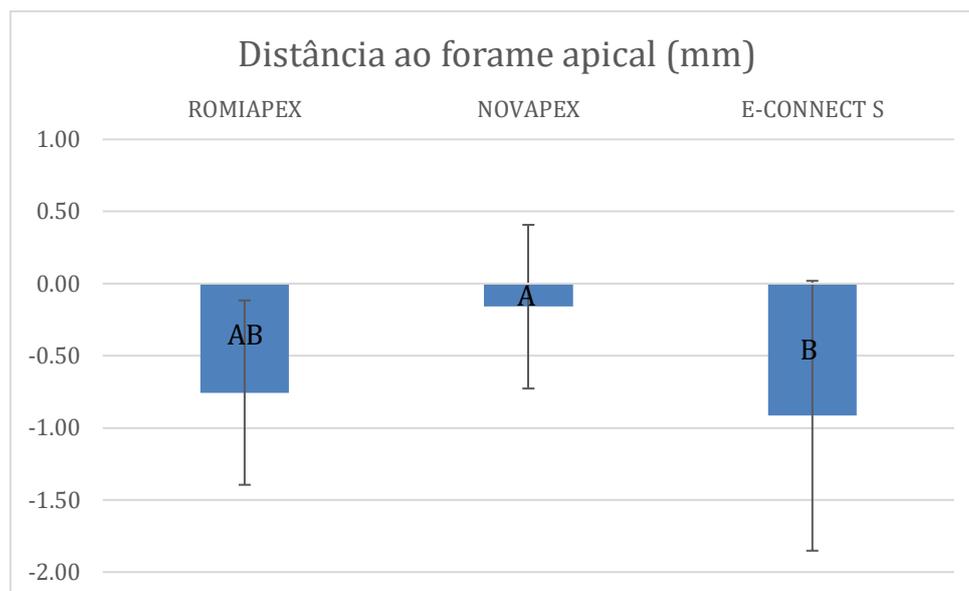
As medições foram tabuladas em planilhas do Microsoft Excel®, e os dados quantitativos foram submetidos ao teste de normalidade de Kolmogorov-Smirnov. Os resultados foram expressos como média e desvio padrão, e as comparações foram realizadas usando ANOVA seguido do pós-teste de Bonferroni. As medições foram então categorizadas de acordo com a relevância clínica, avaliando as mensurações de comprimento do dente dentro das faixas de $\pm 0,50$ e $\pm 1,00$ mm. Os dados também foram analisados pelo teste do qui-quadrado. O nível de significância para o estudo foi estabelecido em 5%.

RESULTADOS

A Figura 6 apresenta a média e desvio-padrão após instrumentação do conduto com limas #25.08 e #40.02 e leitura com instrumentos respectivos utilizando os três LEFs. É observado que todas as médias apresentam submedições (Tabela 1 e Figura 1), havendo diferença estatística significativa entre as medições com o Novapex e o E-Connect S ($p=0,028$). Porém o aparelho Romiapex A-15 apresentou resultados semelhantes aos outros dois LEFs.

Figura 6: Média e desvio-padrão das leituras feitas pelos LEFs com o instrumento #40.02

Influência do ajuste apical na acurácia de três localizadores eletrônicos foraminais



Valores negativos representam leituras aquém do forame apical e positivos representam leituras além do forame apical.

Fonte: Próprios autores.

Tabela 1: Média e desvio-padrão das leituras feitas pelos LEFs com o instrumento #40.02 e análise estatística

	MÉDIA	DESVPAD	ESTAT
ROMIAPEX	-0,76	0,64	AB
NOVAPEX	-0,16	0,57	A
E-CONNECT S	-0,92	0,94	B

Fonte: Próprios autores.

*Letras maiúsculas representam diferença estatística na mesma coluna e letras minúsculas na mesma linha em função do teste Anova e Turkey ($p < 0,05$).

Tabela 2: Análises das medições realizadas com a lima #40.02 utilizando os três LEFs.

	ROMIAPEX #40		NOVAPEX #40		MKLIFE #40	
	n	%	n	%	n	%
> (-1.00)	7	15,56%	6	13,33%	12	26,67%
(-1,00) a (-0.51)	11	24,44%	12	26,67%	22	48,89%
(-0.50) a (-0.01)	15	33,33%	16	35,56%	5	11,11%
(0.00)	0	0	1	2,22%	0	0
(0.01) a (0.50)	9	20%	7	15,56%	3	3,67%
(0.51) a (1.00)	1	2,23%	0	0	0	0,00%
< (1.00)	2	4,44%	3	6,67%	3	3,67%
Total	45	100%	45	100%	45	100%

Fonte: Próprios autores.

Na Tabela 2, vê-se novamente que há uma predominância de submedições, e também que a maioria das medições com o Romiapex e Novapex estão no intervalo de distância do ápice de -0.50 a -0.01, diferentemente do motor MKLife que marcou em maior porcentagem no intervalo de -1.00 a -0.51.

A análise estatística realizada para comparar os valores percentuais dos LEFs, entre os intervalos de precisão de -0,5 a +0,5 (Tabela 3) e -1,0 a +1,0 (Tabela 4), não apresentou diferença estatisticamente significativa. O teste Kruska-Wallis resultou em um valor de p superior a 0,05 tanto para o primeiro intervalo ($p = 0,368$) quanto para o segundo ($p = 0,368$).

Tabela 4: Percentual (%) de acurácia de cada aparelho, considerando as variações de ± 0.50 mm em relação aos instrumentos utilizados para verificar a odontometria

	ENTRE -0.5 E +0.5		
	ROMIAPEX	NOVAPEX	MKLIFE
#40.02	53,33%	53,34%	14,78%

Fonte: Próprio autor.

Tabela 5: Percentual (%) de acurácia de cada aparelho, considerando as variações de ± 1.00 mm em relação aos instrumentos utilizados para verificar a odontometria.

	ENTRE -1.0 E +1.0		
	ROMIAPEX	NOVAPEX	MKLIFE
#40.02	80,00%	80,01%	63,67%

Fonte: Próprio autor.

DISCUSSÃO

A localização do FA, e conseqüentemente do CT, é a etapa inicial para definir os limites do preparo biomecânico e da obturação do canal radicular. O sucesso do tratamento endodôntico está diretamente relacionado à obtenção de uma obturação restrita à região do CA, mantendo-se aproximadamente 0,5 mm aquém do FA (RAMBABU *et al.*, 2018).

Dessa forma, o uso de LEFs para determinação do CT é amplamente respaldado na literatura (VASCONCELOS *et al.*, 2016; SUGURO *et al.*, 2021). Ferreira, Fröner e Bernardineli (1998) afirmaram que o método radiográfico não possibilita uma localização precisa do CT. No entanto, há poucos estudos correlacionando a conicidade e o ajuste do instrumento às paredes do canal com a precisão dos LEFs.

A maioria dos estudos ainda avalia a precisão dos LEFs comparando-os com o método visual. No entanto, pesquisas mais recentes, como as de Suguro *et al.* (2021) e De-Deus *et al.* (2023), utilizam imagens de micro-CT para avaliar a precisão dos localizadores. A micro-CT é atualmente considerada a técnica mais precisa para avaliar a estrutura interna dos canais, além de ser uma ferramenta de pesquisa não destrutiva, permitindo identificar, avaliar e medir o sistema de canais em três dimensões.

O modelo experimental empregado neste estudo foi semelhante ao de trabalhos anteriores, com preparo biomecânico e medições realizados em raízes de molares superiores, dentes com histórico frequente de tratamento endodôntico e já utilizados em estudos prévios (GONÇALVES *et al.*, 2024).

Neste experimento, foi utilizada a raiz DV de molares superiores para padronizar os espécimes, pois esses canais tendem a ser mais retilíneos e apresentam menor diâmetro, facilitando a adaptação à conicidade das limas utilizadas. Além disso, os canais DV têm secção transversal mais circular, minimizando vieses em estudos com canais achatados, que apresentam istmos.

Pecora *et al.* (2005) e Camargo *et al.* (2009) concluíram que o pré-alargamento cervical e médio influencia na localização do FA, pois a lima, após esse procedimento, atinge o FA com maior consistência, aumentando a eficácia dos LEFs.

No presente estudo, foram adotadas três variáveis de precisão: 0,0 mm, $\pm 0,50$ mm e $\pm 1,0$ mm. A primeira representa a maior precisão, indicando a posição exata do FA. A segunda é uma margem de erro aceitável, mas de menor reprodutibilidade clínica, pois as régua milimetradas não possuem marcação de 0,5 mm. A última representa uma margem clinicamente viável.

Soares *et al.* (2013) afirmaram que a escolha da lima compatível com o FA é importante para estabelecer o posicionamento adequado da lima na manobra de localizar o CRC, evitando que a lima perca estabilidade. As medidas obtidas no estudo apresentaram uma tendência a submedições, corroborando com

Gonçalves *et al.*, (2024). Os resultados do presente estudo demonstraram que o LEF Novapex demonstrou melhores resultados, sendo a média deste mais próximo a 0.0, apresentando diferença estatística significativa quando comparado ao E-Connect S. Já os dados da utilização do Romiapex A-15 apresentaram resultados semelhantes aos outros dois localizadores. Sendo assim, o presente estudo se opõe em parte ao estudo de Gonçalves, *et al.* (2024), no qual propôs a hipótese de que limas ajustadas às paredes do canal na região apical seria fator preponderante para demonstrar precisão na localização foraminal.

CONCLUSÃO(ÕES)

Pôde-se concluir que:

- Os LEFs apresentam diferença estatística na medida apical (0,0), porém nas variações $\pm 0,50$ mm e $\pm 1,0$ mm não houve diferença.
- O LEF Novapex apresentou maior acurácia comparado ao MKLIFE com diferença estatística significativa no intervalo 0.0;
- O LEF Romiapex A-15 não apresentou diferença comparado ao Novapex e E-Connect S em todos os intervalos.

REFERÊNCIAS

- CAMARGO, E. J. et al. Influence of preflaring on the accuracy of length determination with four electronic apex locators. **J. Endod.** 2009;35(9):1300-2. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19720236/> . Acesso em: 10 out. 2024.
- COHEN, S.; HARGREAVES, K. M.; BERMAN, L. H. **Caminhos da polpa**. 10. ed. Rio de Janeiro: Elsevier; 2011.
- CUSTER, L. E. A study of the apical region. **Dent. Cosmos.** v. 60, p. 1-17, 1918.
- DE-DEUS, G. et al. Clinical Accuracy and Precision of 3 Multifrequency Electronic Apex Locators Assessed through Micro-Computed Tomographic Imaging. **J. Endod.**, v. 49, n. 5, p. 487-95, 2023. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/36848949/> . Acesso em: 10 out. 2024.

FERREIRA, C. M.; FRÖNER, I. C.; BERNARDINELLI, N. Utilização de duas técnicas alternativas para localização do forame apical em Endodontia: avaliação clínica e radiográfica. **Rev. Odontol. Univ.**, v. 12, n. 3, p. 241-6, 1998. Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/rousp/a/q8Bvd3vdhpgqF3knyQBmLHy/> . Acesso em: 10 out. 2024.

GONÇALVES, F. N. R. et al. Influence of root canal taper on the measurement of two different electronic apex locators. **J. Clin. Exp. Dent.**, v. 16, n. 6, p. e733-9, 2024. Disponível em: <https://jced.es/> . Acesso em: 10 out. 2024.

IIZUKA, T. et al. Development of electronic canal measuring device. **J. Endod.** v. 13, n. 1, p. 57-60, 1987.

INGLE, J. I.; BAKLAND, L. K.; BAUMGARTNER, J. C. **Endodontics**. 6th ed. [S.l.]: BC Decker; 2008.

MCDONALD, A. V. Frequency of occurrence of electric pulp testers that produce odontoblast stimulation. **J. Endod.**, v. 18, n. 3, p. 112-4, 1992.

OISHI, A.; YOSHIDA, T.; MURAYAMA, R. The principles of electronic root canal measurement. **Dent. Traumatol.**, v. 8, n. 2, p. 58-62, 2002.

PECORA, J. D. et al. Influence of cervical preflaring on apical file size determination. **Int. Endod. J.** v. 38, n. 7, p. 430-5, 2005. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/15946262/> . Acesso em: 10 out. 2024.

PILOT, T.; PITTS, D. L. Principles of electronic apex locators. **J. Endod.**, v. 23, n. 8, p. 490-4, 1997.

RAMBABU T. et al. Comparison of Tentative Radiographic Working Length with and without grid Versus Electronic Apex Locator. **Contemp. Clin. Dent.**, v. 9, n. 1, p. 88-9, 2018. Disponível em: <https://ccdcme.com/> . Acesso em: 10 out. 2024.

SOARES, R. M. V. et al. Evaluation of the Joypex 5 and Root ZX II: an in vivo and ex vivo study. **Int. Endod J.**, v. 46, n. 10, p. 904-9, 2013. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23480176/> . Acesso em: 10 out. 2024.

SUGURO, H. et al. The use of micro-computed tomography to determine the accuracy of electronic working length with two apex locators. **J. Oral Sci.**, v. 63, n. 2, p. 167-9, 2021. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33731504/> . Acesso em: 10 out. 2024.

VASCONCELOS, B. C. et al. Influence of four software packages on the determination of the apical constriction. **J. Appl. Oral Sci.**, v. 23, n. 4, p. 353-9, 2015. Disponível em: 10.1590/1678-775720150182. Acesso em: 10 out. 2024.

VASCONCELOS, V. C. et al. Changes in Root Canal Length Determined during Mechanical Preparation Stages and Their Relationship with the Accuracy of Root ZX II. **J. Endod.** v. 42, n. 11, p. 1683-6, 2016.

WALTON, R. E.; TORABINEJAD, M.; FOUAD, A. F. **Endodontia**: Princípios e Prática. 4. ed. Rio de Janeiro: Elsevier; 2008.

YAMAOKA M. et al. A new electronic canal measuring device based on the impedance method. **J. Endod.**, v. 15, n. 5, p. 229-33, 1989.

a, b, c, d, e, h Graduandos em Odontologia pela Faculdade Paulo Picanço.

f Doutor em Ciência da Informação pela Universidade Federal da Paraíba, Mestre em Avaliação de Políticas Públicas e Bacharel em Biblioteconomia pela Universidade Federal do Ceará, Especialista em Saúde Coletiva pela Faculdade Iguazu e Graduando em Odontologia pela Faculdade Paulo Picanço.

g Mestranda em Clínica Odontológica, com ênfase em Odontopediatria pela Faculdade Paulo Picanço (MPCO/FACPP). Especialista em Odontopediatria pela Faculdade Paulo Picanço (FACPP). Graduada em Odontologia pela Faculdade Paulo Picanço (FACPP).

i Possui graduação em Odontologia pela Universidade Federal do Ceará - UFC (2009). Especialista em Prótese pela ICEO (2014). Mestre em Odontologia pelo Programa de Pós-Graduação pela UFC (2017). Doutor em Odontologia pela UFC (2019)

j Possui graduação em odontologia pela Universidade Federal do Ceará (2009) e mestrado em Ciências Odontológicas pelo Centro Universitário Christus (2023).