

UNILEÃO
CENTRO UNIVERSITÁRIO
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ODONTOLOGIA

MARIA JUSSARILAINÉ RODRIGUES DA SILVA
PALOMA MIRELLE DE SOUZA SILVA

**PRECISÃO DOS LOCALIZADORES ELETRÔNICOS FORAMINAIS
INTEGRADOS NA DETERMINAÇÃO DO COMPRIMENTO DE TRABALHO:
REVISÃO INTEGRATIVA DA LITERATURA**

JUAZEIRO DO NORTE-CE
2025

MARIA JUSSARILAINÉ RODRIGUES DA SILVA
PALOMA MIRELLE DE SOUZA SILVA

PRECISÃO DOS LOCALIZADORES ELETRÔNICOS FORAMINAIS INTEGRADOS NA
DETERMINAÇÃO DO COMPRIMENTO DE TRABALHO: REVISÃO INTEGRATIVA
DA LITERATURA

Trabalho de conclusão de curso apresentado à
Coordenação do Curso de Graduação em
Odontologia do Centro Universitário Doutor Leão
Sampaio, como pré-requisito para obtenção do grau
de Bacharel.

Orientador: Me. Isaac Souza Araújo

JUAZEIRO DO NORTE-CE
2025

PALOMA MIRELLE DE SOUZA SILVA

MARIA JUSSARILAINÉ RODRIGUES DA SILVA

**PRECISÃO DOS LOCALIZADORES ELETRÔNICOS FORAMINAIS
INTEGRADOS NA DETERMINAÇÃO DO COMPRIMENTO DE TRABALHO:
REVISÃO INTEGRATIVA DA LITERATURA**

Trabalho de conclusão de curso apresentado à
Coordenação do Curso de Graduação em
Odontologia do Centro Universitário Doutor
Leão Sampaio, como pré-requisito para
obtenção do grau de Bacharel.

Aprovado em 27/06/2025.

BANCA EXAMINADORA

**PROFESSOR (A) MESTRE ISAAC SOUZA ARAÚJO
ORIENTADOR (A)**

**PROFESSOR (A) MESTRE ISABELA BARBOSA DE MATOS
MEMBRO EFETIVO**

**PROFESSOR (A) ESPECIALISTA FERNANDA QUEZADO TAVARES DE
OLIVEIRA**

PRECISÃO DOS LOCALIZADORES ELETRÔNICOS FORAMINAIS INTEGRADOS NA DETERMINAÇÃO DO COMPRIMENTO DE TRABALHO: REVISÃO INTEGRATIVA DA LITERATURA

Paloma Mirelle de Souza Silva¹
Maria Jussarilaine Rodrigues da Silva²
Prof. Me. Isaac Sousa Araújo³

RESUMO

A determinação precisa do comprimento de trabalho é fundamental para o sucesso do tratamento endodôntico, pois impacta diretamente a eficácia da desinfecção e a preservação dos tecidos periapicais. Esta revisão integrativa da literatura teve como objetivo sintetizar as evidências disponíveis sobre a acurácia dos localizadores eletrônicos foraminais integrados a motores endodônticos na determinação dinâmica do comprimento de trabalho em dentes permanentes, analisando os diferentes fatores envolvidos em sua aplicabilidade clínica. Foram realizadas buscas nas bases de dados PubMed, SciELO e Google Acadêmico, no período de 2015 a 2025, utilizando estratégias baseadas na estrutura PICO. A seleção dos estudos seguiu critérios de inclusão e exclusão previamente estabelecidos, culminando na análise de 18 estudos, sendo a maioria deles do tipo *in vitro*. A revisão demonstrou que os dispositivos mais frequentemente avaliados foram o VDW.Gold, Tri Auto ZX2, Root ZX II e E-Connect S, com valores de acurácia variando entre 50% e 100%, e erro médio global de aproximadamente 0,16 mm. A análise estatística revelou que a utilização do forame apical como referência anatômica promove maior acurácia em comparação à constrição apical. Conclui-se que os motores endodônticos com localizadores eletrônicos integrados apresentam desempenho confiável, precisão compatível com as exigências clínicas e potencial para otimizar o tratamento endodôntico. No entanto, são necessários mais estudos clínicos para confirmar sua eficácia em condições reais de atendimento.

Palavras-chave: Endodontia. Tratamento do Canal Radicular . Odontometria.

ABSTRACT

Accurate determination of working length is essential for successful endodontic treatment, as it directly impacts the effectiveness of disinfection and the preservation of periapical tissues. This integrative literature review aimed to synthesize the available evidence on the accuracy of electronic foraminal locators integrated with endodontic motors in the dynamic determination of working length in permanent teeth, analyzing the different factors involved in their clinical applicability. Searches were conducted in the PubMed, SciELO and Google Scholar databases from 2015 to 2025, using strategies based on the PICO framework. The selection of studies followed previously established inclusion and exclusion criteria, culminating in the analysis of 18 studies, most of which were *in vitro*. The review demonstrated that the most frequently evaluated devices were the VDW.Gold, Tri Auto ZX2, Root ZX II and E-Connect S, with accuracy values ranging

¹ Graduando do curso de Odontologia do Centro Universitário Dr. Leão Sampaio – e-mail

² Graduando do curso de Odontologia do Centro Universitário Dr. Leão Sampaio – e-mail

³ Docente do curso de Odontologia do Centro Universitário Dr. Leão Sampaio

from 50% to 100%, and an overall mean error of approximately 0.16 mm. The statistical analysis revealed that the use of the apical foramen as an anatomical reference promotes greater accuracy compared to apical constriction. It is concluded that endodontic motors with integrated electronic locators present reliable performance, accuracy compatible with clinical requirements and potential to optimize endodontic treatment. However, further clinical studies are needed to confirm their effectiveness in real-life conditions.

Keyword: Endodontics. Root Canal Therapy. Odontometry.

1 INTRODUÇÃO

o tratamento endodôntico tem como objetivo a erradicação da infecção presente no sistema de canais radiculares e nos tecidos periapicais, promovendo a redução da carga microbiana a níveis compatíveis com a cicatrização (Babeer et al., 2024). No entanto, esse processo de desinfecção enfrenta desafios significativos impostos pela presença de biofilmes e pela complexidade anatômica do sistema de canais radiculares, tornando essencial a compreensão aprofundada da anatomia dental — incluindo o número e a morfologia dos canais, a quantidade de raízes, a configuração da cavidade pulpar, as curvaturas e as variações anatômicas específicas de cada grupo dentário (Alves; Santos, 2022).

O sucesso do tratamento endodôntico está intimamente relacionado à determinação precisa do comprimento de trabalho (CT), com especial atenção aos limites anatômicos da região apical (Gonçalves et al., 2023). A obtenção exata desse parâmetro é fundamental para prevenir complicações como perfurações, degraus ou sobreinstrumentação (Araújo; Gorjutti, 2024). Para essa finalidade, diversas técnicas de odontometria têm sido propostas, como o uso de radiografias periapicais, a avaliação da sensibilidade tátil e, mais recentemente, a utilização de localizadores eletrônicos foraminais (LEFs) (Klemz et al., 2020).

O desenvolvimento dos LEFs pode ser historicamente dividido de acordo com seus princípios de funcionamento: desde os primeiros modelos, que se baseavam na resistência elétrica dos tecidos bucais; passando pelos dispositivos da década de 1980, que utilizavam o princípio da impedância por corrente alternada; pelos aparelhos com impedância de dupla frequência, introduzidos na década de 1990 e capazes de identificar a constrição apical; até os dispositivos mais recentes, que empregam o método do quociente de impedância (ratio method), medindo simultaneamente a relação entre duas ou mais frequências (Pereira et al., 2021).

Mais recentemente, os LEFs foram integrados aos motores endodônticos — uma inovação tecnológica que vem ganhando destaque por proporcionar maior segurança durante o preparo dos canais radiculares (Cruz et al., 2017). Essa integração permite o monitoramento em tempo real do comprimento de trabalho durante a instrumentação, ao mesmo tempo em que controla variáveis operacionais como torque e velocidade rotacional. Quando a ponta da lima atinge o forame apical, diversas funções automatizadas, como reversão automática, parada apical e desaceleração, são ativadas para evitar a sobreinstrumentação e reduzir a ocorrência de dor pós-operatória (Kaşıkç et al., 2024).

Diversos estudos têm avaliado a acurácia dos motores endodônticos com LEFs integrados na determinação do comprimento de trabalho, considerando diferentes variáveis metodológicas. Diante disso, esta revisão de literatura tem como objetivo sintetizar as evidências disponíveis sobre a acurácia dos localizadores eletrônicos foraminais integrados a motores endodônticos na determinação dinâmica do comprimento de trabalho em dentes permanentes, analisando os fatores envolvidos em sua aplicabilidade clínica.

2 DESENVOLVIMENTO

2.1 METODOLOGIA

a presente investigação foi conduzida por meio de uma revisão integrativa da literatura, utilizando bases de dados eletrônicos de periódicos indexados. Foram analisadas publicações no período de 2015 a 2025, nas seguintes bases: PubMed, Scientific Electronic Library Online (SciELO) e Google Acadêmico.

As estratégias de busca foram elaboradas com base na estrutura PICO (Problema–Intervenção–Comparação–Desfecho), conforme apresentado na Tabela 1:

TABELA 1. Estrutura PICO para a pesquisa.

Elemento	Descrição
P (Paciente/Problema)	Dentes permanentes
I (Intervenção)	Determinação dinâmica do comprimento de trabalho
C (Comparação)	Localizadores Eletrônicos Foraminais integrados ao motor endodôntico
O (Desfecho)	Precisão na determinação do comprimento de trabalho

A correlação de cada termo de busca em inglês dentro de uma mesma estratégia foi realizada através do conectivo *OR*. Em cada base dados as estratégias de pesquisa foram relacionadas utilizando o operador booleano *AND* (TABELA 2).

TABELA 2. Base de dados, estratégias de pesquisa e resultados.

Base de dados	Estratégia de busca utilizada	Data da busca	Nº de resultados
PubMed	<i>(accuracy integrated "apex locator") OR (accuracy root length determination) OR (inbuilt end motor) OR (Tri Auto ZX apex-locator) OR ("Integrated endomotor") OR ("integrated apex locator") OR (integrated endodontic handpiece)</i>	[01/04/2025]	468
SciELO	<i>((accuracy integrated "apex locator") OR (accuracy root length determination) OR (inbuilt end motor) OR (Tri Auto ZX apex-locator) OR ("Integrated endomotor") OR ("integrated apex locator") OR (integrated endodontic handpiece))</i>	[01/04/2025]	16
Google Acadêmico	<i>(accuracy integrated "apex locator") OR (accuracy root length determination) OR (inbuilt end motor) OR (Tri Auto ZX apex-locator) OR ("Integrated endomotor") OR ("integrated apex locator") OR (integrated endodontic handpiece)</i>	[01/04/2025]	62

Os artigos incluídos na amostra avaliaram, no mínimo, um dispositivo com localizador eletrônico foraminal (LEF) integrado. Foram considerados estudos *in vivo* com seres humanos, nos quais a acurácia do LEF integrado foi avaliada em dentes permanentes e confrontada com imagens de tomografia computadorizada, radiografias ou imagens/visualização microscópicas. Para inclusão, os estudos deveriam apresentar obrigatoriamente as seguintes informações: tamanho amostral, método de medição do comprimento real do canal, limite apical utilizado e erro médio e/ou percentil de acurácia. Para os estudos *in vitro*, foram incluídos aqueles que utilizaram dentes humanos permanentes e que forneceram os mesmos dados exigidos para os estudos *in vivo*.

Foram excluídos os artigos com recortes metodológicos considerados distantes do objetivo da presente investigação, incluindo aqueles que abordaram o tema de forma ampla ou que avaliaram dentes decíduos.

A seleção dos estudos foi realizada em três etapas. Na primeira, os títulos e resumos foram triados de acordo com os critérios de inclusão e exclusão previamente definidos, sendo

classificados como relevantes ou irrelevantes. Na segunda etapa, os textos completos dos estudos relevantes foram analisados e reavaliados com base nos mesmos critérios. Na terceira etapa, os estudos selecionados foram submetidos a uma avaliação crítica quanto ao seu mérito científico, com o intuito de validar sua adequação às variáveis de interesse da pesquisa.

Todos os artigos elegíveis após a leitura completa tiveram suas listas de referências analisadas manualmente e submetidas às mesmas etapas e critérios de seleção dos artigos primários, com o objetivo de identificar possíveis estudos adicionais relevantes.

Os textos completos foram obtidos por meio da plataforma da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), uma biblioteca digital de acesso restrito mantida pelo Ministério da Educação do Brasil. Os dados extraídos dos artigos foram organizados em planilhas do Excel para facilitar a tabulação e posterior análise.

Uma análise estatística comparativa entre os dois principais limites apicais utilizados — Constrição Apical (CA) e Forame Apical (FA) — foi realizada utilizando o teste t de Student para amostras independentes com variâncias desiguais (teste de Welch). O protocolo desta revisão não foi registrado em bases de dados específicas, e não houve necessidade de aprovação por comitê de ética.

2.2 RESULTADOS

o fluxograma PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses) ilustra o processo de seleção dos estudos (Figura 1). Inicialmente, foram identificados 546 estudos nas bases de dados PubMed, SciELO e Google Acadêmico. Após a remoção de 76 duplicatas, 470 estudos foram submetidos à triagem por título e resumo. Desses, 438 foram excluídos por não atenderem aos critérios de inclusão. Assim, 32 artigos foram selecionados para leitura na íntegra, resultando na inclusão final de 18 estudos na síntese qualitativa (Tabela 3). Não foram identificados estudos adicionais relevantes nas listas de referências dos artigos selecionados.

Os estudos incluídos foram publicados entre 2015 e 2024, abrangendo investigações realizadas em oito países. Houve predominância de publicações oriundas do Brasil (7 estudos), seguidas por dois estudos da Alemanha, dois de Israel, dois da Índia e dois do Paquistão. Além disso, foi identificado um estudo conduzido na Romênia, um no Egito e um na Austrália.

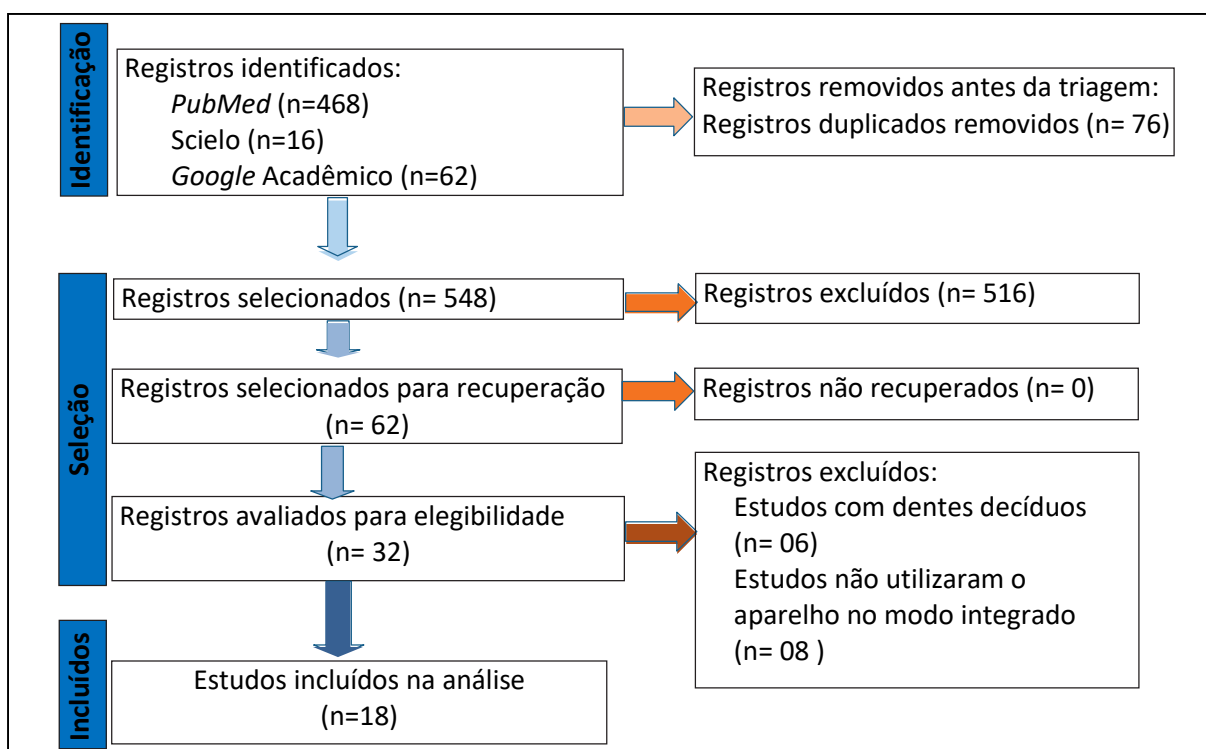


FIGURA 1. Fluxograma síntese do processo de seleção dos estudos para a revisão. Bases de dados *PubMed* e *Scielo* e *Google Acadêmico*.

A maioria dos estudos incluídos utilizou o método *in vitro* ($n = 16$), empregando dentes extraídos para a análise. O total acumulado da amostra foi de 1.016 dentes, com uma média de 46,4 dentes por estudo, variando de 13 a 96 dentes. Os tipos dentários mais frequentemente avaliados foram os pré-molares unirradiculares, seguidos pelos dentes anteriores — incluindo incisivos e caninos — e por dentes unirradiculares não especificados.

O método de verificação do comprimento de trabalho mais utilizado foi a visualização direta, presente em 10 estudos, seguido pelo método de desgaste apical em 6 estudos e pela utilização de escalas milimetradas em 2 estudos.

Observou-se uma variabilidade significativa nos dispositivos empregados para a determinação do comprimento de trabalho. Diversos motores endodônticos com localizadores eletrônicos foraminais integrados foram utilizados, sendo os mais frequentemente adotados o VDW.Gold e o Tri Auto ZX2 (J. Morita MFG Corp.), o que reforça sua relevância como referência para a validação de novos dispositivos.

Valores de erro médio foram relatados em 14 dos 18 estudos incluídos. O menor erro observado foi de 0,019 mm, enquanto o maior atingiu 0,7727 mm (Gardelin et al., 2022), com a

maioria dos resultados situando-se entre 0,05 mm e 0,3 mm — faixa considerada clinicamente aceitável, conforme a tolerância de $\pm 0,5$ mm frequentemente adotada em protocolos endodônticos. Com base na análise consolidada, o erro médio global foi de aproximadamente 0,16 mm, demonstrando um bom nível de precisão na determinação do comprimento de trabalho pelos dispositivos analisados.

Quanto à acurácia, 17 estudos forneceram dados percentuais, embora com variações metodológicas quanto às referências anatômicas utilizadas (constricção apical ou forame apical) e às margens de tolerância consideradas (geralmente de até $\pm 0,5$ mm). Apesar dessas diferenças, observou-se uma tendência positiva no desempenho dos dispositivos: 13 dos 17 estudos relataram acurácia superior a 85%, indicando a confiabilidade dos sistemas integrados avaliados. Os valores variaram entre 50% e 100%, com média geral de acurácia estimada em aproximadamente 82,79%.

Os resultados da análise estatística comparativa entre os dois limites apicais utilizados revelaram uma diferença estatisticamente significativa entre os grupos ($p = 0,0336$), com média de acurácia superior no grupo que utilizou o forame apical (FA), com 90,2%, em comparação ao grupo que adotou a constricção apical (CA), com 77,5% (Gráfico 1). Tal resultado reforça a importância da escolha do limite anatômico como referência na avaliação da precisão dos localizadores eletrônicos integrados, podendo impactar significativamente os índices de acurácia relatados.

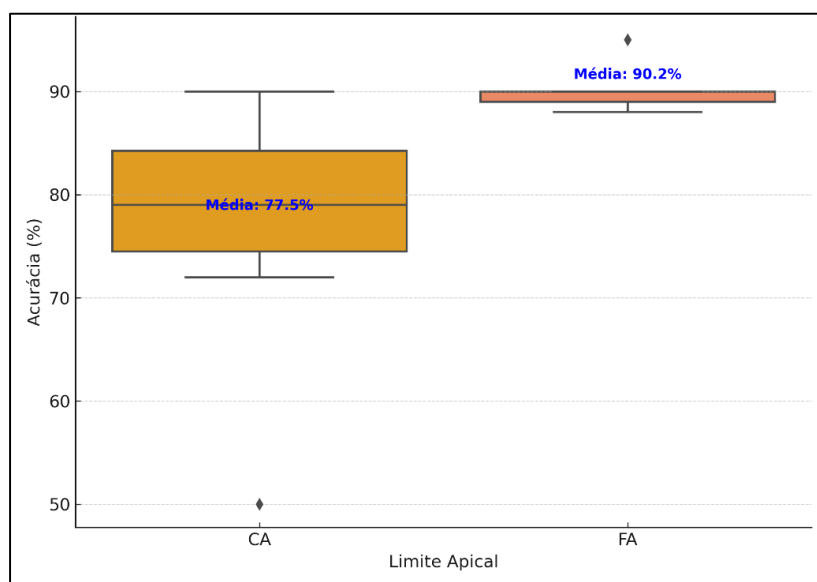


GRÁFICO 1. Comparação da acurácia entre Constricção Apical e Forame Apical.
Legenda: CA= Constricção Apical; FA= Forame Apical.

TABELA 3. Síntese das Características dos Estudos Incluídos na Revisão.

Referência / País	Desenho	Amostra		Motor Integrado	Verificação do CRD		Resultados	
		Dente	Tamanho (N)		Método	Limite Apical	Erro (mm)	% de acurácia
Christofzik <i>et al.</i> (2015) / Alemanha	In vitro	Pré-molares unirradiculares	40	EndoPilot	Desgaste apical	CA FA	+0,064 -0,238	76%
Parente <i>et al.</i> (2015) / Brasil	In vitro	Pré-molares unirradiculares	24	Root ZX II	Desgaste apical	FA	0,11	100%
Ali <i>et al.</i> (2016) / Israel	In vitro	Dentes anteriores	45	- X-Smart Dual - ENDOAce - Gold Reciproc	Visual direto	CA	NI	87% 60% 87%
Christofzik <i>et al.</i> (2017) / Alemanha	In vitro	Unirradiculares	59	- VDW.Gold - EndoPilot,	Desgaste apical	CA	-0,023 +0,019	51% 60%
Cruz <i>et al.</i> (2017) / Brasil	In vitro	Unirradiculares	36	- Root ZX II - Control MM	Visual direto	CA	+0,18 +0,24	- 83,3 - 77,8
Shahnawaz <i>et al.</i> (2020) / Paquistão	In vitro	Unirradiculares anteriores	72	Tri Auto ZX	Escala milimetrada	CA	- 0,014	- 84,72%
Abidi <i>et al.</i> (2020) / Paquistão	In vivo	Incisivos e Caninos Superiores	96	X-Smart Dual (AAR)	Escala milimetrada	FA	NI	88,5%
Kishore <i>et al.</i> (2020) / Índia	In vitro	Pré-molares unirradiculares	40	- E-Connect S - Dentaport ZX	Visual direto	CA	-0,34 -0,16	- 95% - 97,5%
Klemz <i>et al.</i> (2020) / Brasil	In vitro	Pré-molares unirradiculares	80	Tri Auto ZX2	Visual direto	CA	- 0,37-0,61	95%
Lvovsky <i>et al.</i> (2020) / Israel	In vitro	Molares	13	Dual Move	Visual direto	CA	0,17	50%

TABELA 3. Continuação

Bernardes <i>et al.</i> (2022) / Brasil	In vivo	Pré-molares unirradiculares	48	- Root ZX II, - VDW Gold, - Tri Auto ZX2 - Tri Auto ZX2 OGP	Desgaste apical	FA	0,30 0,16 0,20 0,29	83,33% 100% 91,67% 83,32%
Costa <i>et al.</i> (2021) / Brasil	In vitro	Pré-molares unirradiculares	80	Sensory	Visual direto	FA	0,18-0,24	96,6%
Dweedat <i>et al.</i> (2021) / Egito	In vitro	Molares inferiores (raiz mesial)	30	- MM-Control	Desgaste apical	CA	0,52	53,3%
Singh <i>et al.</i> (2021) / Índia	In vitro	Pré-molares unirradiculares	20	VDW Gold	Visual direto	CA	0,56	85%
Gardelin <i>et al.</i> (2022) / Brasil	In vitro	Incisivos inferiores	44	VDW Gold	Visual direto	FA	0,18-0,7727	NI
Borges <i>et al.</i> (2023) / Brasil	In vitro	Pré-molares unirradiculares	30	Endus Duo Gnatus	Visual direto	FA	0,18	NI
Tracchegiani <i>et al.</i> (2023) / Romênia	In vitro	Pré-molares unirradiculares	15	E-connect S	Visual direto	FA	0,23	87%
Baley (2024) / Austrália	In vitro	Unirradiculares	64	- E-Connect S - Tri Auto ZX2	Desgaste apical	FA	- 0,0925 - 0,2315	- 93,8% - 84,4 %

Legenda: CA- Constrição Apical (-0,5mm); FA – Forame Apical (0,0mm); NI – Não Informado.

2.3 DISCUSSÃO

os resultados obtidos nesta revisão evidenciam a crescente confiabilidade dos motores endodônticos com localizadores eletrônicos foraminais (LEFs) integrados, os quais têm se mostrado eficazes na determinação do comprimento de trabalho (CT), com níveis de precisão comparáveis, e em alguns casos superiores, aos localizadores apicais tradicionais (Christofzik et al., 2017; Cruz et al., 2017; Klemz et al., 2021). A análise de estudos *in vitro* e *in vivo* demonstra que os avanços tecnológicos vêm promovendo melhorias relevantes na prática clínica endodôntica, especialmente no que se refere à acurácia, segurança e eficiência dos procedimentos (Vasconcelos et al., 2015; Vam Pham, 2021; Rathore et al., 2020).

A presente revisão integrativa demonstrou que os motores endodônticos com LEFs integrados apresentam desempenho clínico promissor na determinação dinâmica do comprimento de trabalho, com valores de acurácia variando entre 50% e 100%, e erro médio global de aproximadamente 0,16 mm. A maioria dos estudos (16 de 18) foi conduzida em ambiente *in vitro*, utilizando dentes extraídos, com amostras variando de 13 a 96 dentes (média de 46,4 dentes por estudo). Embora esse predomínio do modelo laboratorial limite a extrapolação direta para a prática clínica, ele proporciona condições padronizadas que favorecem a comparação entre dispositivos (La Rosa et al., 2024).

Apesar da diversidade metodológica representar um desafio para a comparação direta entre os estudos, a convergência dos dados em torno da eficácia dos motores com LEFs integrados sugere robustez e confiabilidade nos achados. Os estudos *in vitro* oferecem um ambiente controlado ideal para avaliação da eficácia técnica dos dispositivos, mas não contemplam variáveis clínicas presentes na prática odontológica, como sangramento, presença de exsudato, curvaturas acentuadas e outras interferências anatômicas (Kumar et al., 2016). Por isso, os dados oriundos de estudos *in vivo*, como os de Bernardes et al. (2022) e Abidi et al. (2020), são fundamentais para complementar e validar a aplicabilidade clínica dos resultados laboratoriais.

Os dentes mais comumente incluídos foram os pré-molares unirradiculares, seguidos por dentes anteriores e unirradiculares não especificados, o que se justifica pela simplicidade anatômica e pela acessibilidade desses elementos em estudos experimentais (Kishore et al., 2020; Lvovsky et al., 2020). A morfologia mais previsível dos pré-molares facilita a padronização dos modelos laboratoriais e permite maior controle das variáveis envolvidas na medição do comprimento de

trabalho (Christofzik et al., 2017; Cruz et al., 2017). Ainda assim, alguns estudos incluíram dentes anteriores e molares, ampliando o escopo da análise (Pham, 2021; Sariyilmaz et al., 2020).

O método de verificação do CT mais empregado foi a visualização direta (10 estudos), seguido pelo desgaste apical (6 estudos) e pela escala milimetrada (2 estudos), refletindo a preferência por métodos que permitem maior controle e reprodutibilidade nos modelos laboratoriais (Christofzik et al., 2017; Dweedar et al., 2021). Por outro lado, variações metodológicas específicas, como o uso de dentes multirradiculares ou técnicas indiretas de verificação, podem ter contribuído para a ampla variação observada na precisão da determinação do comprimento de trabalho, expressa tanto pelo erro médio em milímetros quanto pelo percentual de acurácia (Lvovsky et al., 2020; Sariyilmaz et al., 2020; Aguiar et al., 2017; Duran-Sindreu et al., 2012).

Observou-se uma diversidade considerável de motores endodônticos avaliados, sendo os mais frequentes o VDW.Gold e o Tri Auto ZX2. Os valores mais baixos de acurácia foram associados a motores menos consolidados. O modelo MM Control apresentou menor precisão em comparação ao Root ZX II (Dweedar et al., 2021), enquanto o E-Connect S demonstrou desempenho inferior aos localizadores apicais convencionais (Tracchegiani et al., 2023). Esses achados reforçam a importância de se avaliar criticamente as especificidades de cada dispositivo, evitando generalizações sobre a eficácia dos LEFs integrados.

O Root ZX II, amplamente consolidado como padrão-ouro, foi utilizado como dispositivo de referência em diversos estudos, permitindo comparações indiretas entre os modelos testados (Cruz et al., 2017; Bernardes et al., 2022). Os dispositivos com LEFs integrados demonstraram desempenho comparável ou superior aos modelos convencionais, especialmente quando operados com recursos como parada apical automática (AAR) ou o modo EAL (Bailey et al., 2024).

A maioria dos dispositivos analisados apresentou erros dentro de margens clinicamente aceitáveis ($\pm 0,5$ mm). Em particular, motores como o E-Connect S e o Tri Auto ZX2 destacaram-se por apresentar elevada correlação entre a medição eletrônica e o comprimento real do canal radicular, conforme observado por Bailey et al. (2024). Esses resultados reforçam a viabilidade do uso desses equipamentos como ferramenta complementar na odontometria, contribuindo para maior segurança, agilidade e previsibilidade clínica (Singh et al., 2021; Costa et al., 2021).

A análise estatística realizada demonstrou que a escolha do limite apical como referência influencia significativamente a acurácia dos dispositivos. O grupo que utilizou o forame apical

(FA) como referência apresentou acurácia média superior (89,39%) em comparação ao grupo que adotou a constrição apical (CA) (77,97%), diferença estatisticamente significativa ($p = 0,0336$). Isso sugere que a escolha da referência anatômica impacta diretamente a eficácia da mensuração do comprimento de trabalho com o uso de motores com LEFs integrados. Essa constatação é especialmente relevante na prática clínica, pois destaca a importância da definição do limite apical durante o planejamento e a execução da odontometria, influenciando diretamente a precisão do tratamento endodôntico e o prognóstico do caso (Tracchegiani et al., 2023).

Apesar dos avanços tecnológicos e dos resultados favoráveis, a revisão identificou limitações metodológicas em alguns estudos, como ausência de cegamento dos avaliadores, variações nos métodos de verificação do CT e heterogeneidade nos modelos experimentais. Fatores clínicos, como sangramento, tipo de irrigante e anatomia complexa, também podem interferir no desempenho dos dispositivos, sendo recomendada a ampliação de estudos in vivo para validação dos achados (Pisano et al., 2024; Christofzik et al., 2017).

3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

a presente revisão integrativa da literatura evidenciou que os localizadores eletrônicos foraminais (LEFs) integrados aos motores endodônticos apresentam desempenho satisfatório na determinação dinâmica do comprimento de trabalho em dentes permanentes. A escolha do limite apical influencia diretamente a acurácia das medições, com desempenho significativamente superior quando o forame apical é adotado como referência anatômica, em comparação com a constrição apical. No entanto, recomenda-se cautela na interpretação dos resultados laboratoriais e o incentivo à realização de estudos clínicos controlados, a fim de fortalecer as evidências científicas disponíveis.

REFERÊNCIAS

ABIDI, S. Y. A.; AZFAR, M., NAYAB, T.; SHAUKAT, A.; HASAN, M.; BAIG, N. N.; ABID, K. Accuracy of working length measurement with endo motor having built-in apex locator and comparison with periapical radiographs. *JPMA*, v. 2019, 2020. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Khadijah-Abid/publication/338398598_Accuracy_of_working_length_measurement_with_endo_motor_having_built-

[in apex locator and comparison with periapical radiographs/links/5f25a9b9458515b729f98a76/Accuracy-of-working-length-measurement-with-endo-motor-having-built-in-apex-locator-and-comparison-with-periapical-radiographs.pdf](https://doi.org/10.1155/2017/5893790)

AGUIAR, B. A.; REINALDO, R. S.; FROTA, L. M. A.; DO VALE, M. S.; VASCONCELOS, B. C. D. Root ZX electronic foramen locator: an ex vivo study of its three models' precision and reproducibility. **International journal of dentistry**, v. 2017, n. 1, p. 5893790, 2017. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1155/2017/5893790>

ALENCAR, A. H. G. D.; BRUNO, K. F.; ARRUDA, M. D.; BARNABÉ, W. Avaliação da padronização e da precisão de régua endodôntica milimetrada utilizada para odontometria em endodontia. **Revista de Odontologia da UNESP**, v. 34, n. 2, p. 79-83, 2013. Disponível em: <https://revodontolunesp.com.br/journal/rou/article/588017ae7f8c9d0a098b4851>

ALI, M. M.; WIGLER, R.; LIN, S.; & KAUFMAN, A. Y. An ex vivo comparison of working length determination by three electronic root canal length measurement devices integrated into endodontic rotary motors. **Clinical oral investigations**, v. 20, p. 2303-2308, 2016. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00784-016-1903-3>

ALVES, D. W.; SANTOS, E. S. A influência do tratamento restaurador no sucesso da terapia endodôntica. **Revista Eletrônica Acervo Saúde**, v. 15, n. 11, p. e11525-e11525, 2022. Disponível em: <https://acervomais.com.br/index.php/saude/article/view/11525>

ARAÚJO, R.; GEORJUTTI, R. P. Endodontia regenerativa: uma nova abordagem para o tratamento endodôntico. E-RACE: **Revista da Reunião Anual de Ciência e Extensão**, v. 13, n. 13, 2024. Disponível em: <http://revista.universo.edu.br/index.php?journal=erac&page=article&op=view&path%5B%5D=13818>

BABEER, A. *et al.* Microrobotics in endodontics: A perspective. **International endodontic journal**, v. 57, n. 7, p. 861-871, 2024.. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/iej.14082>

BAILEY, D.; ANDERSON, R.; BRADY, K.; KWON, P.; BROWNE, D.; & AMARAL, R. R.. An ex-vivo study comparing the accuracy of the E-connect S+ and Morita Tri Auto ZX2+ endodontic handpieces in root canal length determination. **Journal of Endodontics**, v. 50, n. 7, p. 1004-1010, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.joen.2024.04.007>

BERNARDES, R. A.; FEITOSA, A. P. O. P.; BRAMANTE, C. M.; VIVAN, R. R.; PIASECKI, L.; DUARTE, M. A. H.; DE VASCONCELOS, B. C. Evaluation of foramen locating accuracy of an endodontic motor integrated with electronic foramen employing optimal glide path kinematics. **Clinical Oral Investigations**, v. 26, n. 2, p. 1293-1298, 2022. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00784-021-04103-3>

BORGES, J. H. S. M.; CARVALHO, F. B. D.; CANGUSSU, M. C. T.; PETERS, O. A.; BAHIA, M. G. D. A.; PEREIRA, É. S. J. Accuracy of an endodontic rotary motor with integrated apex

locator to determine the root canal length. **Arq. odontol**, p. 106-113, 2023. Disponível em: <https://busqueda.bvsalud.org/portal/resource/fr/biblio-1518971>

CHRISTOFZIK, D. W.; BARTOLS, A.; KHALED, M.; GRÖßNER-SCHREIBER, B.; DÖRFER, C. E. The accuracy of the auto-stop function of different endodontic devices in detecting the apical constriction. **BMC oral health**, v. 17, p. 1-5, 2017. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1186/s12903-017-0425-y>

CHRISTOFZIK, D.; SCHWENDICKE, F.; FLÖRKE, C.; HÄRTL, A.; DÖRFER, C.; GRÖßNER-SCHREIBER, B. In vitro comparison of Raypex 6 and Endopilot using a novel, computer-aided measurement system, for determining the working length. **Plos one**, v. 10, n. 8, p. e0134383, 2015. Disponível em: <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0134383>

COSTA, N. C. F.; PAGLIOSA, A. Precisão dos localizadores apicais e os fatores de interferência: revisão de literatura. **Journal of Multidisciplinary Dentistry**, v. 11, n. 3, p. 102-6, 2021. Disponível em: <https://www.jmdentistry.com/jmd/article/view/887>

CRUZ, A. T. G.; WICHNIESKI, C.; CARNEIRO, E.; DA SILVA NETO, U. X.; GAMBARINI, G.; & PIASECKI, L. Accuracy of 2 endodontic rotary motors with integrated apex locator. **Journal of Endodontics**, v. 43, n. 10, p. 1716-1719, 2017. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0099239917306659>

DURAN-SINDREU, F.; STÖBER, E.; MERCADÉ, M.; VERA, J.; GARCIA, M.; BUENO, R.; ROIG, M. Comparison of in vivo and in vitro readings when testing the accuracy of the Root ZX apex locator. **Journal of Endodontics**, v. 38, n. 2, p. 236-239, 2012. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0099239911011976>

DWEEDAR, A. M.; SHERIF, R. A.; GENENA, S. Accuracy of auto reverse function in integrated motor compared to a standard electronic apex locator in determining the working length (in vitro study). **Alexandria Dental Journal**, v. 47, n. 1, p. 109-113, 2022. Disponível em: https://journals.ekb.eg/article_222491.html

GARDELIN, V. A.; VINHOLES, J. I. A. M.; GRAZZIOTIN-SOARES, R.; PAPPEN, F. G.; BARLETTA, F. B. Influence of rotary and reciprocating kinematics on the accuracy of an integrated apex locator. **Australian Endodontic Journal**, v. 49, p. 202-208, 2023. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/aej.12717>

GONÇALVES, F. N. R., BEZERRA, M. S., CARVALHO, M. L., DE BRITO, E. H. S., BRASILEIRO, R. B., DE SOUSA LOPES, M. C. M., ... & MARTINS, D. G. P. Uso dos localizadores eletrônicos foraminais práticas endodônticas: revisão de literatura. **Revista CPAQV-Centro de Pesquisas Avançadas em Qualidade de Vida**, v. 15, n. 3, p. 6-6, 2023. Disponível em: <https://revista.cpaqv.org/index.php/CPAQV/article/view/1749>

KAŞIKÇI, S.; ÖZBEK, S. K.; ŞİRİNOĞLU, E.; ÖZDEMİR, O. Clinicians' perspectives, inducements, preferences, and clinical experiences regarding the use of electronic apex locator

and apex locator integrated engine-driven instrumentation: a cross-sectional study. **BMC Oral Health**, v. 24, n. 1, p. 939, 14 ago. 2024. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1186/s12903-024-04710-y>

KISHORE, K. N.; VARMA, K. M.; GIRIJA, S. S., SATISH, K. R.; RAHEEM M.; VISWANADHAN, A. Evaluation of the accuracy of working length determination and automatic apical reverse function accuracy of endodontic rotary motor integrated apex locator: an in-vitro study. **International Journal of Dental Materials**, v. 2, n. 1, p.1-4, 2020. Disponível em: <https://ijdm.co.in/index.php/dental-materials/article/view/27/34>

KLEMZ, A. A.; CRUZ, A. T. G.; PIASECKI, L.; CARNEIRO, E.; WESTPHALEN, V. P. D.; DA SILVA NETO, U. X. Accuracy of electronic apical functions of a new integrated motor compared to the visual control of the working length—an ex vivo study. **Clinical Oral Investigations**, v. 25, p. 231-236, 2021. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00784-020-03357-7>

KUMAR, Sunil *et al.* Evolution of Electronic Apex Locators: A Review. **Journal of Clinical and Diagnostic Research**, v. 10, n. 1, p. ZE05–ZE09, 2016. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4739462/>.

LA ROSA, G. R. M.; ANGJELOVA, A.; JOVANOV, E.; APOSTOLSKA, S.; SANTOS, J. M.; PEDULLÀ, E. Integrated electronic apex locators for determining working length: a systematic review of in-vitro studies. **Odontology**, p. 1-12, 2024. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10266-024-01039-4>

LVOVSKY, A.; BATASHVILI, G.; STAFFOLI, S.; TORRIJOS, B. G.; GAMBARINI, G.; SOLOMONOV, M.; BEN, J. Ex Vivo accuracy of an endodontic motor with an integrated apex locator in multirooted teeth. **Oral Health**, v. 5, p. 1-3, 2020. Disponível em: <https://m.scrip-one.com/pdf/OHC-5-190.pdf>

PARENTE, L. A.; LEVIN, M. D.; VIVAN, R. R.; BERNARDES, R. A.; DUARTE, M. A. H.; VASCONCELOS, B. C. D. Efficacy of electronic foramen locators in controlling root canal working length during rotary instrumentation. **Brazilian dental journal**, v. 26, n. 5, p. 547-551, 2015. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/bdj/a/3Kmtnw3yFXdMBvsxhV6jHqh/?lang=en>

PEREIRA, K. D. P., DE ALMEIDA, M. G., DE MOURA GONDIM, M., GONDIM, R. C. A., JÚNIOR, M. P. B. T., PICOLI, A. H.; TARGINO, F. S. S. Uso de Localizadores Apicais: Revisão de Literatura. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 6, p. 60594-60603, 2021. Disponível em: <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/31545>

PHAM, K. V. Endodontic length measurements using 3D Endo, cone-beam computed tomography, and electronic apex locator. **BMC Oral Health**, v. 21, n. 1, p. 271, 2021. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1186/s12903-021-01625-w>

PISANO, M.; SANGIOVANNI, G.; FRUCCI, E.; SCORZIELLO, M.; DE BENEDETTO, G.; IANDOLO, A. Evaluation of the Accuracy of Electronic Apex Locators in Modern Endodontics:

An Umbrella Review. **Medicina**, v. 60, n. 10, p. 1709, 2024. Disponível em: <https://www.mdpi.com/1648-9144/60/10/1709>

RATHORE, K.; TANDON, S.; SHARMA, M.; KALIA, G.; SHEKHAWAT, T.; CHUNDAWAT, Y. Comparison of accuracy of apex locator with tactile and conventional radiographic method for working length determination in primary and permanent teeth. **International journal of clinical pediatric dentistry**, v. 13, n. 3, p. 235, 2020. Disponível em: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC7450193/>

SHAHNAWAZ, A.; AHMED, A.; FAROOQ, A. An In-vitro evaluation of auto apical reverse motion of tri auto zx at working length determined by dentaport root zx. **International Journal of Medical Research & Health Sciences**, v. 8, n. 8, p. 139-145, 2020. Disponível em: <https://www.indianjournals.com/ijor.aspx?target=ijor:ijmrhs&volume=8&issue=8&article=021>

SINGH, A. K.; RATHOD, A.; REDDY, A.; MOYIN, S.; PUNATHIL, S.; & SHAH, A. Evaluation of the efficacy of different systems in determination of root canal working length: A comparative study. **World**, v. 12, n. 5, p. 400, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.5005/jp-journals-10015-1860>

TRACCHEGIANI, L.; MANEA, S.; LUNGU, C. V.; SCARLATESCU, S. A.; PERLEA, P.; PANGICA, A. M. Comparative “ex vivo” study on working length determination using six apex locators. **Romanian JouRnal of Stomatology**, v. 69, n. 1, p. 5, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.37897/RJS.2023.1.1>

TRAVASSOS, R. M. C; PRADO, V. F. F; OLIVEIRA, A. C. C; SILVA, A. R. N; BEZERRA, A. N. C; FONSECA, T. C; SILVA, D. H. N; MOISÉS, L. S; MELO JÚNIOR, P. M. R. Avaliação comparativa da odontometria eletrônica com a radiografia. **Research, Society and development**, v. 10, n. 15, e113101522411, 2021. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/22411>

VASCONCELOS, B. C. *et al.* Evaluation of the maintenance of the apical limit during instrumentation with hybrid equipment in rotary and reciprocating modes. **Journal of Endodontics**, v. 41, n. 5, p. 682-685, 2015. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0099239914011686>