



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ODONTOLOGIA

MARIANA PEREIRA DE SOUZA DA SILVA

**USO DE INSERTO ULTRASSÔNICO NO PREPARO DE CANAIS RADICULARES
ACHATADOS: UMA ANÁLISE COM MICROCT E OCT**

Recife
2025

MARIANA PEREIRA DE SOUZA DA SILVA

**USO DE INSERTO ULTRASSÔNICO NO PREPARO DE CANAIS RADICULARES
ACHATADOS: UMA ANÁLISE COM MICROCT E OCT**

Dissertação apresentada ao
Programa de Pós-Graduação em
Odontologia da Universidade
Federal de Pernambuco, como
requisito parcial para obtenção do
título de mestre em Odontologia.
Área de concentração: Clínica
Integrada.

Orientador: Prof. Dr. Anderson Stevens Leonidas Gomes

Co-orientadora: Prof(a). Dr(a). Adriana da Costa Ribeiro

Recife

2025

MARIANA PEREIRA DE SOUZA DA SILVA

**USO DE INSERTO ULTRASSÔNICO NO PREPARO DE CANAIS RADICULARES
ACHATADOS: UMA ANÁLISE COM MICROCT E OCT**

Dissertação apresentada ao Programa de
Pós-Graduação em Odontologia da
Universidade Federal de Pernambuco,
como requisito parcial para obtenção do
título de mestre em Odontologia.
Área de concentração: Clínica Integrada.

Aprovado em: ____/____/____.

BANCA EXAMINADORA

Prof(a). Dr(a). Laila Gonzales Freire
Universidade de São Paulo - USP

Prof(a). Dr(a). Maria Luiza dos Anjos Pontual
Universidade Federal de Pernambuco - UFPE

Prof. Dr. Anderson Stevens Leonidas Gomes
Universidade Federal de Pernambuco - UFPE

.Catalogação de Publicação na Fonte. UFPE - Biblioteca Central

Silva, Mariana Pereira de Souza da.

Uso de inserto ultrassônico no preparo de canais radiculares achatados: uma análise com microCT E OCT / Mariana Pereira de Souza da Silva. - Recife, 2025.

57f.: il.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Pernambuco, Centro de Ciências da Saúde, Programa de Pós-Graduação em Odontologia, 2025.

Orientação: Anderson Stevens Leonidas Gomes.

Coorientação: Adriana da Costa Ribeiro.

Inclui referências e anexos.

1. Preparo de Canal Radicular; 2. Ultrassom; 3. Microtomografia por Raio- X; 4. Tomografia de Coerência Óptica. I. Gomes, Anderson Stevens Leonidas. II. Ribeiro, Adriana da Costa. III. Título.

UFPE-Biblioteca Central

*Dedico esta dissertação aos meus pais e exemplos, Nery e Claudio, pois como
professores, sempre foram uma fonte de inspiração para mim!
Essa conquista também é nossa!*

AGRADECIMENTOS

A construção desse trabalho aconteceu junto a muitas pessoas que gostaria de agradecer!

Antes de todos, gostaria de agradecer a Deus, pelas oportunidades em meu caminho e por toda fé para seguir, mesmo com a perda irreparável da minha amada mãe, tive vontade de ingressar no Mestrado, afinal sempre vi sua dedicação e carinho em ser professora. Obrigada, Deus e minha amada mãe, não só por ter colocado o sonho do Mestrado em meu coração, mas por ter estado ao meu lado em todo caminho!.

Gostaria de agradecer ao meu pai, pois graças a você cresci em um ambiente cheio de incentivos para educação e aprendizado, sempre rodeada por livros, gibis, revistas de curiosidades. Obrigada, pai, por até hoje ser essa inspiração na área docente!

Gostaria de agradecer ao meu tio padrinho, tão presente na minha vida, ao meu irmão, pois sabemos o quanto que somos suporte um do outro e ao meu marido, minha fortaleza. Você acredita em mim, muitas vezes mais do que eu mesma. Obrigada por sempre me lembrar de que eu sou capaz! Minha dedicação é por nós, por nosso futuro e por tudo o que estamos construindo e vamos construir juntos. Gostaria de agradecer ao Prof. Anderson Stevens Leonidas Gomes e à Profa. Dra. Adriana da Costa Ribeiro Yamada, os melhores orientadores que poderia ter cruzado meu caminho. Muito obrigada pela dedicação, conhecimentos e carinho durante os anos do Mestrado.

Gostaria de agradecer ao laboratório de Fotônica e Biofotônica do Departamento de Física pela contribuição na obtenção das imagens por meio da Tomografia de Coerência Óptica e à equipe do laboratório de Física de Solos do Departamento de Energia Nuclear, em especial a Daniel Amancio Duarte e Bruno Felipe Carvalho, pela contribuição na obtenção das imagens por meio de Tomógrafo e suas análises e ao Prof. Yaicel Ge Proenza pela contribuição na construção dos resultados.

Agradeço a toda à equipe do Programa de Pós-Graduação em Odontologia da Universidade Federal de Pernambuco por minha formação acadêmica nesta etapa e a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES, pela participação financeira necessária para concretização do Mestrado.

RESUMO

Os canais radiculares achatados apresentam áreas polares não instrumentadas após o preparo biomecânico realizado pela ação cêntrica de instrumentos endodônticos com secção circular. A instrumentação ultrassônica representa uma abordagem auxiliar, apresentando-se como uma possibilidade para aperfeiçoar o desbridamento mecânico nas áreas polares. O objetivo neste estudo foi analisar o uso do inserto ultrassônico como uma ferramenta auxiliar na instrumentação de condutos radiculares achatados. Foram utilizados com 20 segundo pré-molares superiores extraídos, selecionados com base em critérios de elegibilidade, compondo um grupo experimental (n=10) e um grupo controle (n=10). Foram obtidas imagens por meio microtomógrafo e tomografia de coerência óptica antes e após instrumentação. Todos os dentes foram instrumentados com as limas Reciproc Blue 25/.05 e 40/.06 e em seguida foi realizado o movimento de pincelamento com a RB 40/.06 no Grupo Controle e utilizado o inserto ultrassônico Clearsonic Black no Grupo Experimental. As imagens escaneadas foram reconstruídas e visualizadas com o uso do softwares e analisadas quanto a porcentagem de acréscimo de volume do canal radicular, o índice de centralização do preparo, grau de transporte do canal e incidência de microfissuras apicais. Os dados foram submetidos à análise estatística descritiva e inferencial por meio do teste T Student e ANOVA. Os resultados mostraram que a variação de volume média o Grupo Experimental demonstrou acréscimo de $6.99 \pm 0.61 \text{ mm}^3$ em valores absolutos e $181.1 \pm 32.9 \%$ em valores relativos, sendo significativamente maior e estatisticamente significativo ($p < 0.05$) que a variação média com o Grupo Controle, em valores absolutos ($4.45 \pm 0.38 \text{ mm}^3$) ou relativos ($69.4 \pm 15.2 \%$). Em relação ao índice de centralização (vestíbulo-lingual e médio-distal) e o grau de desvio (vestíbulo-lingual e médio-distal), os resultados apresentaram variações similares para ambos os tratamentos e não houve diferença significativa estatisticamente em relação ao tratamento aplicado ou ao terço do canal instrumentado. A incidência de microfissuras não evidenciou diferenças estatisticamente significativas entre os Grupos, quase todas as microfissuras apicais detectadas após o preparo dos canais radiculares, já estavam presentes antes das intervenções, apenas 1 incidência foi verificada na imagem de microCT no Grupo Experimental. O índice kappa revelou uma concordância quase perfeita entre as avaliações realizadas com as imagens de microCT e OCT para a

avaliação intra e inter-examinadores. Conclui-se que o uso ou não do Clearsonic Black em qualquer terço do dente apresenta uma relação de centralização semelhante, porém sua utilização em canais achatados proporciona um aumento do volume intracanal significativamente maior quando comparado à instrumentação por limas; sem causar um aumento relevante de microfissuras apicais.

Palavras-chave: Preparo de Canal Radicular; Ultrassom; Microtomografia por Raio-X; Tomografia de Coerência Óptica.

ABSTRACT

Flattened root canals present non-instrumented polar areas after biomechanical preparation performed by the centric action of endodontic instruments with circular cross-section. The objective of this study was to analyze the use of the ultrasonic insert as an auxiliary tool in the instrumentation of flattened root canals. Twenty extracted maxillary second premolars were used, selected based on eligibility criteria, composing an experimental group (n=10) and a control group (n=10). Images were obtained by microtomography and optical coherence tomography before and after instrumentation. All teeth were instrumented with Reciproc Blue 25/.05 and 40/.06 files, followed by a brushing movement with RB 40/.06 in the Control Group, and the Clearsonic Black ultrasonic insert in the Experimental Group. The scanned images were reconstructed and visualized using software and showed the percentage of root canal volume increase, the preparation centralization index, degree of canal transportation and incidence of apical microcracks. The data were subjected to descriptive and inferential statistical analysis using Student's t-test and ANOVA. The results showed that the mean volume variation of the Experimental Group demonstrated an increase of $6.99 \pm 0.61 \text{ mm}^3$ in absolute values and $181.1 \pm 32.9\%$ in relative values, being significantly greater and statistically significant ($p < 0.05$) than the mean variation with the Control Group, in absolute ($4.45 \pm 0.38 \text{ mm}^3$) or relative ($69.4 \pm 15.2\%$) values. In relation to the centralization index (vestibular-lingual and mid-distal) and the degree of deviation (vestibular-lingual and mid-distal), the results observed similar variations for both treatments and there was no statistically significant difference in relation to the treatment applied or to the third of the instrumented canal. The incidence of microcracks did not show statistically significant differences between the Groups. Almost all apical microcracks blocked after root canal preparation, already present before the interventions, only 1 incidence was verified in the microCT image in the Experimental Group. The kappa index revealed an almost perfect agreement between the evaluations performed with the microCT and OCT images for the intra and inter-examiner evaluation. It is concluded that the use or not of Clearsonic Black in any third of the tooth presents a similar centralization relationship, however its use in found canals provides a significantly greater increase in intracanal volume when compared to instrumentation by files; without causing a relevant increase in apical microcracks.

Keywords: Root Canal Preparation; Ultrasonics; X-ray Microtomography; Optical Coherence Tomography.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Área externa do Tomógrafo XT H 225 ST (A). Área interna do Tomógrafo XT H 225 ST com amostra posicionada em bloco de poliestireno na mesa central do equipamento (B).....	26
Figura 2 - Arranjo experimental do sistema de OCT composto pelo equipamento de OCT Calisto e notebook (A). Mesa de escaneamento e posicionamento da amostra na mesa central do OCT (B).....	27
Figura 3 - Imagem representativa da reconstrução de amostra após escaneamento por microCT obtida pelo software VGSTUDIO MAX (3.4.4).	30
Figura 4 - Imagem representativa da reconstrução de amostra após escaneamento por OCT obtida pelo software Image J.	30
Figura 5 – Representação das linhas traçadas para medição das distâncias da borda do canal até a borda externa da raiz nas direções mesial, distal, vestibular e palatina (A) e em três níveis (10 mm, 7 mm e 4 mm a partir do ápice) (B).	33
Figura 6 – Valores de diferenças absolutas e relativas dos volumes intracanal dos Grupos Experimental e Controle.	35
Figura 7 – Representação do Teste de Grubb's das diferenças absolutas e relativas do Grupo Experimental para identificação de possíveis valores discrepantes.	366
Figura 8 – Representação das medianas, intervalos quartis e distribuição de valores mínimos e máximos das diferenças absolutas e relativas dos volumes intracanal dos Grupos Experimental e Controle.	37
Figura 9 - Gráfico de variação dos índices de centralização e graus de desvio VL e MD em relação aos terços da raiz radicular (apical, médio e cervical) para os grupos de tratamento (experimental e controle).....	38

Figura 10 - Secções transversais em microCT (coluna 1) e OCT (coluna 2) identificando microfissuras completa e incompletas do canal radicular (setas vermelhas).....	43
--	----

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Estatística descritiva das médias, desvio padrão e erro padrão para os volumes intracanal dos Grupos Experimental e Controle em valores absolutos e relativos.....	37
Tabela 2 - Resultados do teste ANOVA para volume.	38
Tabela 3 – Médias e desvios padrões dos valores de índice de centralização em relação ao tratamento, ao terço radicular e a interação entre os fatores.	39
Tabela 4 – Médias e desvios padrões dos valores de grau de desvio em relação ao tratamento, ao terço radicular e a interação entre os fatores.....	40
Tabela 5 - Médias entre os fatores avaliados (técnica, avaliador e tratamento) para análise de microfissuras apicais nos grupos microCT MCT e OCT.....	41
Tabela 6 - Resultado do teste de Kappa intra-examinadores e inter-examinadores.	42

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CB	Clearsonic Black
CCS	Centro de Ciências da Saúde
CRT	Comprimento Real de Trabalho
MD	Mésio-distal
MicroCT	Microtomografia Computadorizada
NiTi	Níquel e Titânio
NaCLO	Hipoclorito de sódio
OCT	Tomografia de Coerência Óptica
RB	Reciproc Blue
ROI	Region of Interest
RPM	Rotação por minuto
UFPE	Universidade Federal de Pernambuco
VL	Vestíbulo-Lingual

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
2	REFERENCIAL TEÓRICO	17
2.1	Preparo biomecânico de canais radiculares ovais	17
2.2	Uso do ultrassom na endodontia	17
2.3	Intercorrências intracanal provocadas por instrumentação mecânica	19
2.4	Microtomografia Computadorizada e Tomografia de Coerência Óptica	20
3	OBJETIVOS	22
3.1	Objetivo Geral	22
3.2	Objetivos Específicos	22
4	METODOLOGIA	23
4.1	Aspectos éticos	23
4.2	Desenho de estudo	23
4.3	Seleção da amostra	23
4.3.1	Critérios de elegibilidade	23
4.3.1.1	Critérios de inclusão	23
4.3.1.2	Critérios de exclusão	23
4.4	Preparo das amostras	24
4.5	Escaneamento das amostras por MicroCT e OCT	24
4.6	Preparo biomecânico das amostras	27
4.7	Escaneamento final das amostras por MicroCT e OCT	29
4.8	Análise e interpretação dos dados qualitativos e quantitativos	29
4.8.1	Avaliação de volume intracanal	31
4.8.2	Avaliação do índice de centralização e grau de desvio do preparo	32
4.8.3	Avaliação de incidência de microfissuras apicais	33
4.9	Análise estatística	34
5	RESULTADOS	35
5.1	Aumento de volume do canal radicular	35
5.2	Índice de centralização e grau de desvio do canal radicular	38
5.3	Análise de microfissuras do ápice radicular	40
6	DISCUSSÃO	44
7	CONCLUSÃO	51
	REFERÊNCIAS	52

1 INTRODUÇÃO

Sistemas rotativos e reciprocantes de níquel-titânio (NiTi) são amplamente utilizados para modelar o canais radiculares. Além da modelagem, o objetivo maior é a remoção completa do tecido pulpar remanescente, microorganismos e dentina infectada por meio da ação mecânica dos instrumentos endodônticos e da ação química de soluções auxiliares (Sousa-Neto *et al.* 2018; Pérez *et al.* 2020).

Entretanto, independentemente do sistema utilizado, percentuais consideráveis de áreas não instrumentadas foram observadas após o tratamento endodôntico mecanizado convencional em estudos que avaliaram a capacidade de limpeza de instrumentos (Cassal; Soares; Santos, 2023). As limas endodônticas agem principalmente no canal principal e ainda assim, não é possível atingir todas as áreas das paredes do canal devido aos fatores relacionados às características do instrumento e à anatomia interna do canal radicular dos diferentes grupos dentários (Siqueira Júnior *et al.* 2018), como um dos principais grupos que enfrenta esta dificuldade está o dos canais ovais (Zuolo *et al.* 2017; Espir *et al.* 2018; Castro-Perez *et al.* 2023).

O sistema de canais radiculares achatados ou ovais apresenta configuração transversal com diâmetro vestibulo-lingual duas a quatro vezes maior que o diâmetro mesio-lingual e a maioria dos instrumentos endodônticos disponíveis no mercado possuem morfologia circular, operando em posição centralizada em canais radiculares achatados, o que pode resultar em áreas não instrumentadas (Cassal; Soares; Santos, 2023). Com isso, remanescente de tecido pulpar junto com áreas de colonização microbiana são deixados no sistema de canal radicular e podem comprometer o sucesso do tratamento (Siqueira Júnior *et al.* 2018).

Uma ferramenta auxiliar que ganhou espaço na endodontia foi o ultrassom (Arun; Ramesh; Sankar, 2022). A instrumentação ultrassônica é apresentada pela literatura como abordagem auxiliar, apresentando-se como uma possibilidade para otimizar o desbridamento mecânico, aumentando o número de superfícies tocadas e promovendo preparo uniforme em todo o perímetro do canal (Cassal; Soares; Santos, 2023). O Clearsonic® e a Flatsonic® (Helse Ultrasonic, Santa Rosa de Viterbo, Brasil) são exemplos de sistemas ultrassônicos já utilizados como método alternativo para a instrumentação de achatamentos em canais ovais em incisivos inferiores, raiz distal de molares inferiores e segundo pré-molares superiores

(De-Deus *et al.* 2019; Rivera-Penã *et al.* 2019; Santos-Júnior *et al.* 2020; Tavares *et al.* 2021).

Apesar dos resultados positivos do uso de insertos ultrassônicos como coadjuvante na instrumentação de áreas de achatamento, ainda há poucas evidências na literatura sobre seu uso com tal finalidade (Cassal; Soares; Santos, 2023). Além disso, não há estudos sobre a detecção de possíveis microfissuras que o ultrassom pode induzir na instrumentação ativa dentro do conduto e apenas um único estudo que discute a capacidade de centralização e possíveis desvios dentro do canal radicular com o uso do inserto ultrassônico (Rivera-Penã *et al.* 2019). Dessa forma, o objetivo desse estudo foi analisar, por meio das tecnologias de obtenção de imagem, o uso do inserto ultrassônico como uma ferramenta auxiliar na instrumentação de condutos radiculares achatados.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Preparo biomecânico de canais radiculares ovais

O objetivo do preparo biomecânico no tratamento endodôntico é a remoção completa do tecido pulpar remanescente, microorganismos e dentina infectada; bem como a modelagem do sistema de canais radiculares por meio da ação mecânica dos instrumentos endodônticos e da ação química de soluções auxiliares. De acordo com técnica utilizada é possível reduzir a carga microbiana a níveis insuficientes à perpetuação da infecção no sistema de canais e/ou na região perirradicular, proporcionando condições adequadas para o selamento da cavidade pulpar, favorecendo a integridade ou reparação dos tecidos periapicais (Souza-Neto *et al.* 2018; Pérez *et al.* 2020).

Para o preparo mecânico a limitação mais comum é conseguir a eficácia do toque dos instrumentos mecanizados nas paredes de dentina (Martins *et al.* 2021; Martins *et al.* 2022). A complexidade anatômica dos canais radiculares ovais continua sendo um grande desafio quando se visa modelar canais radiculares, pois usando sistemas de limas há uma tendência da mesma permanecer no centro do canal, o que não permite uma preparação adequada na dimensão vestibulo-lingual, formando áreas polares não tocadas (Busquim *et al.* 2014; Velozo *et al.*, 2020).

Independentemente do grupo dentário, diversos instrumentos mecanizados, com diferentes designs, cinemática, diâmetros, conicidades, flexibilidade e técnicas, têm sido amplamente estudados. No entanto, os achados científicos indicam que nenhum dos sistemas avaliados foi capaz de tocar integralmente as paredes dos canais radiculares, sobretudo devido às complexas características anatômicas dessas estruturas (Busquim *et al.*, 2014; Sousa-Neto *et al.*, 2018; Castro-Perez *et al.*, 2023; Romeiro *et al.*, 2023). Diante dessa limitação, diversas estratégias foram propostas para otimizar a instrumentação de canais achatados e de formato oval, incluindo a abordagem que considera o canal oval como dois canais distintos (Paqué *et al.*, 2010), o uso de pontas de conformação especial associadas a movimentos excêntricos (Velozo *et al.*, 2020; Castro-Perez *et al.*, 2023), a aplicação de movimentos de pincelamento lateral com limas endodônticas (Romeiro *et al.*, 2023) e o emprego de insertos ultrassônicos (De-Deus *et al.*, 2019).

2.2 Uso do ultrassom na endodontia

O uso do ultrassom tem sido vastamente explorado na endodontia, como refinamento de acesso de canais, localização de canais calcificados, remoção de instrumentos e pinos intrarradiculares, ativação de irrigantes e inclusive, na preparação biomecânica de canal radicular (Arun; Ramesh; Sankar, 2022). A instrumentação ultrassônica proposta na literatura como abordagem auxiliar é uma possibilidade para otimizar o desbridamento mecânico, aumentando o número de superfícies tocadas e promovendo preparo uniforme em todo o perímetro do canal (Cassal; Soares; Santos, 2023).

A utilização do ultrassom para a instrumentação das paredes do canal radicular não é uma abordagem recente. Já em 1980, estudos comparavam protocolos de instrumentação manual com técnicas ultrassônicas (Weller et al., 1980). Em 1993, pesquisas também investigaram a eficácia de instrumentos sônicos e ultrassônicos, avaliando diferentes direções de movimento dentro do conduto na instrumentação de canais ovais (Lumley et al., 1993). Atualmente, o inserto ultrassônico é amplamente reconhecido como uma ferramenta segura para diversas aplicações em endodontia. Além de apresentar um custo relativamente acessível, seu design fino e alongado favorece o acesso às áreas de difícil instrumentação e às irregularidades anatômicas dos canais radiculares (Cassal, Soares e Santos, 2023).

Além da vantagem da conformação estrutural descrita, permitindo melhor controle de direção e viabilidade de acesso às áreas de difícil alcance, a energia mecânica é transferida em frequência ultrassônica para as pontas de corte para produzir microvibrações (Lumley *et al.* 1993; De-Deus *et al.* 2019; Arun; Ramesh; Sankar, 2022). A energia transmitida pelas ondas ultrassônicas geradas, promovendo microcorrente acústica e cavitação, pode remover detritos de dentina microrganismos e tecidos orgânicos do canal radicular (Lumley *et al.* 1993; Santos-Júnior *et al.* 2020; Tavares *et al.* 2021).

Lumeley et al. (1993) já explicava a eficácia do sistema ultrassônico atribuído ao microfluxo acústico dentro do irrigante usado e ao longo do comprimento da lima. Esta é uma propriedade de um campo de ultrassom no qual campos complexos, estáveis e de fluxo são gerados dentro de um meio líquido. Tais campos produzem grandes tensões de cisalhamento hidrodinâmicas próximas ao corpo oscilante, no caso da endodontia, o instrumento usado dentro do canal. Essas tensões são capazes de desagregar aglomerados de bactérias ou romper células.

O Clearsonic e a Flatsonic (Helse Ultrasonic, Santa Rosa de Viterbo, Brasil)

são exemplos atuais que já foram usados como método alternativo para a instrumentação de achatamentos em canais ovais em incisivos inferiores, raiz distal de molares inferiores e segundo pré-molares superiores (De-Deus *et al.* 2019; Rivera-Penã *et al.* 2019; Santos-Júnior *et al.* 2020; Tavares *et al.* 2021). Todos esses autores tiveram como conclusão que o inserto ultrassônico no protocolo de desbridamento complementar superou a ação do protocolo apenas com limas endodônticas, pois foi associado a uma redução significativa de paredes de canais radiculares não instrumentados, melhorando de forma importante o processo de limpeza de canais radiculares achatados.

2.3 Intercorrências intracanal provocadas por instrumentação mecânica

A busca do aprimoramento da instrumentação do sistema de canais radiculares, pode trazer consequências para o dente e a sua manutenção na cavidade bucal. O surgimento de microfissuras dentárias como consequência do preparo dos canais radiculares também pode ser um problema, uma vez que pode haver proliferação de microorganismos na região, além da fratura de raiz e perda dentária (Oliveira *et al.* 2017).

O surgimento de microfissuras decorrentes da ação de instrumentos no canal radicular permanece um tema controverso. A hipótese de que a preparação do canal radicular poderia, por si só, induzir defeitos dentinários foi impulsionada com o lançamento dos primeiros sistemas reciprocantes no final de 2010. Essa preocupação foi inicialmente fundamentada na ideia de que a formação ou propagação de trincas seria resultado de forças laterais excessivas sobre as paredes do canal radicular (Versiani *et al.*, 2021). No entanto, uma meta-análise posterior apresentou evidências contrárias, concluindo que o movimento recíprocante gera significativamente menos microtrincas dentinárias em comparação com a técnica rotatória convencional (Wei *et al.*, 2017).

Outro aspecto inerente ao preparo mecânico é a capacidade do instrumento trabalhar respeitando o trajeto original do conduto ou de provocar transportes da trajetória. O transporte do canal radicular pode afetar negativamente os resultados dos tratamentos endodônticos, especialmente na região apical. Nesta região o desvio de trajetória pode afetar negativamente a limpeza, na chamada de zona crítica, e o preenchimento da obturação na porção apical da raiz, resultando em falha no controle da infecção e do selamento do canal radicular (Pinto *et al.* 2023).

Apesar dos resultados positivos do uso de insertos ultrassônicos como auxiliar na instrumentação de áreas de achatamento, ainda há poucas evidências na literatura sobre seu uso com tal finalidade (Cassal; Soares; Santos, 2023). Há apenas um estudo que inclui possíveis desvios de trajetório que o inserto pode causar ao ser usado ativamente nas paredes (Rivera-Penã *et al.* 2019). Como também não há resultados sobre a detecção de possíveis microfissuras que o ultrassom pode induzir na instrumentação ativa dentro do conduto.

2.4 Microtomografia Computadorizada e Tomografia de Coerência Óptica

A microtomografia computadorizada (microCT) é uma tecnologia amplamente utilizada por ser um método não destrutivo que permite a aquisição de modelos tridimensionais de estruturas internas dos dentes (Cassal; Soares; Santos, 2023). A micro-CT tem sido usada para avaliar microfissuras dentinárias, pois é uma ferramenta de alta precisão que permite a localização de tais defeitos (Pinto *et al.* 2023).

Versiani *et al.*, afirma em revisão narrativa que desde 2014 o uso do micro-CT nos estudos para a investigação de defeitos dentinários, produzidos pela preparação ou obturação do canal radicular, reformulou o panorama geral da compreensão no meio científico sobre o desenvolvimento de microfissuras radiculares. Entretanto, não apenas para a finalidade descrita, a tecnologia de micro-CT é considerada a mais importante ferramenta de pesquisa para o estudo da estrutura interna do canal radicular. Em contrapartida, é um equipamento de alto custo, alta radiação, não é adequado para uso clínico e de manipulação complexa (Aksoy *et al.* 2020).

A tomografia de coerência óptica (OCT) consiste em um método de obtenção de imagens transversais, também não destrutiva, de alta resolução das estruturas biológicas internas, porém não radioativa, mas com base na refletividade óptica resolvida em profundidade (Oliveira *et al.* 2017). O sistema de detecção óptica são mudanças nas propriedades da luz que produzem o contraste nos dados, podendo gerar imagens, que podem então ser relacionadas a interpretações clínicas ou laboratoriais (Girkin *et al.* 2023). Na odontologia, um dos usos da OCT é na detecção de microfissuras em dentes humanos (Chen *et al.* 2022).

Já existem muitos estudos com o OCT na odontologia com diversos objetivos, como determinar a confiabilidade da OCT na detecção de dentes trincados na porção do esmalte e sua eficácia clínica quando comparada com outros métodos de

diagnóstico (Yoshioka *et al.* 2013); comparar a OCT com as tecnologias existentes para avaliar sua utilidade e precisão na detecção de fraturas radiculares verticais (Lee *et al.* 2015) e detectar de microfissuras apicais antes e após o preparo do canal radicular com limas endodônticas (Oliveira *et al.* 2017). Todos os estudos citados concluem que a OCT pode ser considerada uma alternativa válida para avaliar fissuras em dentes.

3 OBJETIVOS

3.1 Objetivo Geral

Analisar o uso do inserto ultrassônico como uma ferramenta auxiliar na instrumentação de condutos radiculares achatados.

3.2 Objetivos Específicos

- Dimensionar se os diferentes protocolos usados para o preparo do canal radicular causam diferença no aumento de volume intracanal;
- Analisar capacidade de centralização e grau de transporte do canal com os diferentes protocolos.
- Comparar a incidência de microfissuras radiculares apicais com os diferentes protocolos usados;
- Comparar a incidência de microfissuras radiculares apicais com os diferentes equipamentos de obtenção de imagem (microCT e OCT).

4 METODOLOGIA

4.1. Aspectos éticos

Esta pesquisa foi aprovada pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal de Pernambuco-UFPE, sob o parecer nº 6.579.421 (Anexo A).

4.2. Desenho do estudo

Trata-se de um estudo do tipo experimental *in vitro*, realizado em ambiente laboratorial, com as possíveis variáveis de influência dos resultados controladas, que avaliou a influência do inserto ultrassônico como método auxiliar no preparo endodôntico de canais achatados e, em seguida, descreveu os resultados encontrados após intervenção as intervenções experimentais delineadas aos Grupo Experimental e Controle.

4.3. Seleção dos dentes

Nesta pesquisa foi utilizada amostra biológica de dentes humanos extraídos de indivíduos da população brasileira por motivos não relacionados a este estudo. A amostra obtida foi composta por 43 segundos pré-molares superiores, solicitados ao Banco de Dentes do Departamento de Prótese e Cirurgia Buco-Facial do Centro de Ciências da Saúde (CCS) da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE). De acordo com os critérios de elegibilidade estabelecidos foram selecionados 20 dentes, que aleatoriamente foram divididos em dois grupos.

4.3.1 Critérios de elegibilidade

4.3.1.1 Critérios de inclusão

Foram incluídos segundos pré-molares superiores permanentes humanos com o processo de rizogênese concluído, que apresentassem canal radicular único e único forame, reconhecido como Tipo I na Classificação de Vertucci.

4.3.1.2 Critérios de exclusão

Foram excluídos do estudo dentes que não apresentassem único canal radicular e único forame anatômico; dentes cujo achatamento não exibisse diâmetro vestibulo-lingual (VL) pelo menos duas vezes maior que o diâmetro médio-distal

(MD) a 9 mm do ápice radiográfico; dentes com comprimento superior a 24mm, com curvaturas radiculares, com cavitação de cárie em raiz, com sinais clínicos ou radiográficos de reabsorções internas ou externas; dentes com canal radicular calcificados ou com tratamento endodôntico prévio.

4.4. Preparo das amostras

Todos os dentes foram desinfetados em solução de timol a 0,1% durante 24 horas, lavados com água destilada e tratados com Curetas Periodontais Gracey (Golgran, São Caetano do Sul, SP, Brasil) para remoção de restos de ligamento periodontal e demais debris, sendo então mantidos em água destilada (Alemeida *et al.* 2020; Mello *et al.* 2020).

Foram realizadas radiografias, utilizando-se filmes periapicais E-speed (Carestream, Rochester, Nova York, Estados Unidos da América) com incidência VL e MD a fim de analisá-los quanto aos critérios de elegibilidade, sendo necessário a exclusão de 23 dentes. Os 20 dentes que se enquadraram aos critérios foram seccionados no limite da junção amelo-dentinária com máquina de corte de baixa velocidade IsoMet Low Speed Saw (Buehler, Illinois, Lake Bluff, Estados Unidos da América). Assim, as 20 amostras resultantes foram numeradas e sorteadas aleatoriamente compondo um Grupo Experimental e um Grupo Controle, com 10 dentes cada.

Prosseguiu-se com o cateterismo e o esvaziamento dos canais utilizando-se limas série especial tipo K#10 (VDW GmbH, Bavária, München, Alemanha). O comprimento real de trabalho (CRT) de cada amostra foi determinado pela visualização da extremidade da lima K#10 no forame apical e recuo para se limitar a saída do forame. Foi obtida a mensuração do CRT com a utilização de única régua milimetrada e o respectivo registro das medidas para todas as amostras.

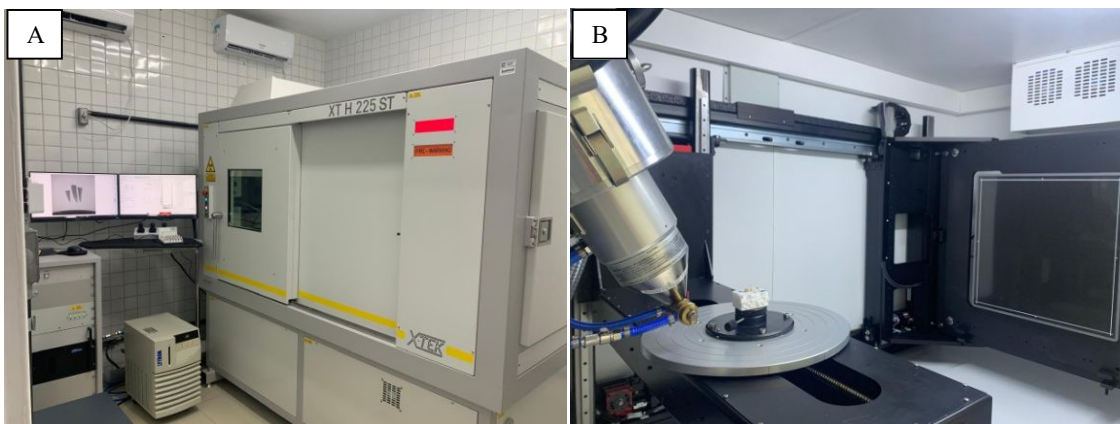
Visando a identificação e a manutenção da hidratação das amostras no decorrer das etapas experimentais, as mesmas foram armazenadas individualmente em tubos de polipropileno tipo Falcon de 2 mL (ForlabExpress, Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil), numerados de 1 a 20 de acordo com a identificação de cada amostra, e imersas em água destilada (Mello *et al.* 2020).

4.5. Escaneamento das amostras por MicroCT e OCT

Foram obtidas imagens de microCT e OCT no Laboratório de Microtomografia Computadorizada de Raios-X (LTC_RX), localizado no Departamento de Energia Nuclear da Universidade Federal de Pernambuco, utilizando-se o Tomógrafo XT H 225 ST (Nikon Metrology, Lovaina, Bélgica), com tempo de preparação e aquisição de imagem de até 60 minutos por amostra e tamanho do voxel alcançado entre 5 a 90 μm (Figura 1A). O aparelho é composto por um tubo de raios X de microfoco com filamento de Tungstênio e fonte de alta tensão, cuja potência máxima é de 2.000 μA e potência máxima de 225 W, tendo sua plataforma uma versão possui versão estendida para conter amostras maiores até 50 kg com um diâmetro de até 50 cm. Todo o sistema está conectado a uma rede de computadores com sistema operacional Windows 8 de 64 bits, utilizados no controle, aquisição de dados, reconstrução, análise e armazenamento das imagens. O sistema de detecção utilizado foi o XRD 4343CT (Varex Imaging) com matriz de detectores de 2.880 x 2.880 pixels e tamanho do detector de 150 μm .

As imagens microtomográfica foram realizadas antes e após a instrumentação dos canais radiculares. As amostras foram posicionadas em bloco de poliestireno (Isopor, São Paulo, São Paulo, Brasil), com dimensões compatíveis para fixar 03 amostras, com a finalidade de estabilização para aquisição das imagens de microCT. Os blocos foram, individualmente, colocados no centro de uma mesa metálica que é parte integrante do tomógrafo (Figura 1B). Após o posicionamento e fechamento do compartimento da câmara do microtomógrafo, foi acionado o escaneamento, cuja aquisição das projeções das amostras foi realizada em diversas angulações ao longo de uma rotação de 360° com tamanho de voxel de 15 μm e tempo de preparação e aquisição de 30 minutos.

Figura 1 – Área externa do Tomógrafo XT H 225 ST (A). Área interna do Tomógrafo XT H 225 ST com amostra posicionada em bloco de poliestireno na mesa central do equipamento (B).

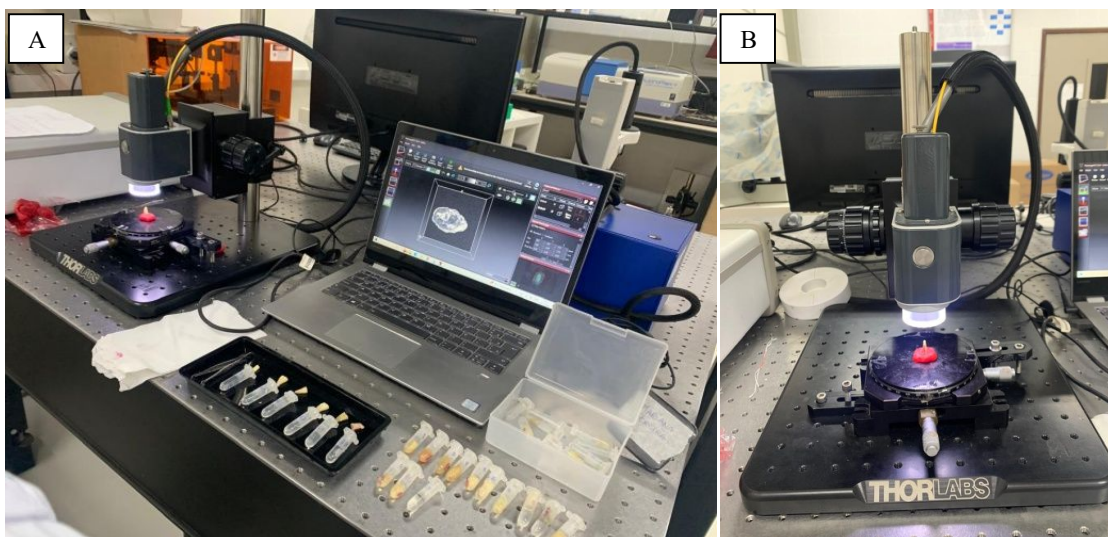


Fonte: Elaborada pela autora (2025).

As imagens por Tomografia por Coerência Óptica (OCT) foram realizadas no Laboratório de Optoeletrônica e Fotônica do Departamento de Física da UFPE (DF/UFPE), utilizando-se equipamento de OCT Callisto (Thorlabs Inc, Newton, Nova Jersey, Estados Unidos da América), com domínio espectral com 930 μm de comprimento de onda central, 100 μm de largura de banda, resolução axial de 7 μm na água e 5,3 μm no ar, resolução lateral de 8 μm e 1,6 mm de profundidade de penetração da luz no interior da amostra (Figura 2). As imagens bidimensionais constituíram-se em uma matriz numérica de 2000 colunas e 512 linhas para cada amostra, armazenadas em HD externo (Western Digital, San Jose, Califórnia, Estados Unidos da América).

Para a obtenção das imagens por OCT, a partir da superfície do forame paical, as amostras foram individualmente posicionadas, a partir do terço cervical, em blocos de cera utilidade (Lysanda, São Paulo, São Paulo, Brasil) com dimensões compatíveis ao tamanho da amostra, fixadas através do terço cervical da raiz dentária. Cada amostra foi colocada no centro da base do OCT para serem escaneados a partir da visão foraminal, sendo capturadas imagens bidimensionais de varredura transversal.

Figura 2 - Arranjo experimental do sistema de OCT composto pelo equipamento de OCT Calisto e notebook (A). Mesa de escaneamento e posicionamento da amostra na mesa central do OCT (B).



Fonte: Elaborada pela autora (2025).

4.6. Preparo biomecânico das amostras

As amostras foram fixadas em morsa (Indústria Marberg, Índia) presa a uma bancada. A execução do preparo biomecânico incluiu a utilização do motor endodôntico E-connect PRO (MKLife, Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brasil) e o ultrassom Soniclax BP LED (Schuster, Santa Maria, Rio Grande do Sul, Brasil).

Cada lima endodôntica foi usada para preparar 5 canais e cada inserto ultrassônico foi usado para preparar 5 canais, com um único operador para realizar todas as preparações. Todas as amostras foram submetidas a mesma sequência técnica respeitando os princípios básicos para preparo químico-mecânico: exploração do conduto, obtenção de patência apical, alcance do comprimento de trabalho, realização da irrigação transoperatória e protocolo final da irrigação, detalhados a seguir (De Deus *et al*, 2019). Assim, mudanças entre a técnica só foi feita em virtude dos instrumentos que foram usados em cada grupo, Experimental e Controle.

O canal radicular das amostras foi previamente irrigado com hipoclorito de sódio 2,5% (NaClO), utilizando-se seringa de 5 mL e agulha de irrigação endodôntica 27-G (MKLife, Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brasil), a 1 mm aquém do CRT em movimento de entrada e saída. Uma lima K-file tamanho #10 foi inserida passivamente ao longo do comprimento de trabalho dos canais radiculares. Então, o

canal radicular de todas as amostras foi instrumentado com as limas Reciproc Blue 25/.05 e 40/.06 (VDW GmbH, Bavária, München, Alemanha) operadas em movimento reciprocante alimentado pelo motor endodôntico E-connect PRO (MKLife, Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brasil) na sua modalidade “Reciproc” e dentro de um limite de amplitude do CRT. Paulatinamente, o instrumento foi removido a cada 3 movimentos de entrada e saída para ser limpo com gaze, quando o canal radicular foi irrigado com 3 ml de NaClO 2,5% até atingir o CRT, sendo após a patência dispensado mais 1 ml de solução irrigadora por canal (De Deus *et al.*, 2019).

A partir de então, protocolos distintos foram executados para os diferentes grupos, conforme descrito a seguir:

- Grupo Controle: Com a lima RB 40/.06 introduzida no canal radicular até o CRT foi realizado movimentos de pincelamento, com o canal inundado por NaClO 2,5%, nas paredes vestibular e palatina com amplitude de 3 mm, por um total de 20 segundos. Este procedimento foi repetido duas vezes, sendo o canal irrigado com 3 ml de NaClO após cada ciclo (De- Deus *et al.* 2019).
- Grupo Experimental: Com o inserto ultrassônico Clearsonic Black (CB) (Helse Ultrasonic, Santa Rosa de Viterbo, São Paulo, Brasil) montado em um dispositivo ultrassônico com frequência de vibração de 50 a 60 Hz e na potência 2, as áreas polares do conduto (vestibular e palatina) foram pinceladas por três ciclos de 30 segundos, sendo após cada ciclo o canal irrigado com 3 mL de NaOCl 2,5% (De-Deus *et al.* 2019; Santos-Júnior *et al.* 2020). Cada ciclo foi realizado da seguinte forma: 15 segundos no sentido da parede vestibular, sendo 10 segundos realizados sem resfriamento e 5 segundos com resfriamento, conforme especificações do fabricante. O mesmo procedimento foi realizado para a parede palatina: 15 segundos no sentido da parede palatina, sendo 10 segundos realizados sem resfriamento e 5 segundos com resfriamento (Tavares *et al.* 2021; Santos-Júnior *et al.* 2020).

Finalizada a instrumentação, a última irrigação de 5 ml de NaClO 2,5% foi realizada e em seguida os canais radiculares foram aspirados com agulhas de aspiração endodôntica (MKLife, Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brasil), sendo realizada a irrigação com 2 mL de EDTA 17% (Biodinâmica, Ibioporã, Paraná, Brasil). Finalmente, os canais foram enxaguados com 5 mL de soro fisiológico 0,9%, aspirados secos com pontas de papel estéreis #40 (MKLife, Porto Alegre, Rio

Grande do Sul, Brasil) (Santos-Júnior *et al.* 2020). Para manter a hidratação, as amostras foram armazenados em água destilada nos tubos falcon (ForlabExpress, Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil), numerados (Mello *et al.* 2020).

4.7. Escaneamento final das amostras por MicroCT e OCT

Após os diferentes protocolos de preparo biomecânico as amostras foram novamente submetidas ao escaneamento para obtenção das imagens do microCT e OCT, como já descrito anteriormente no item 4.5.

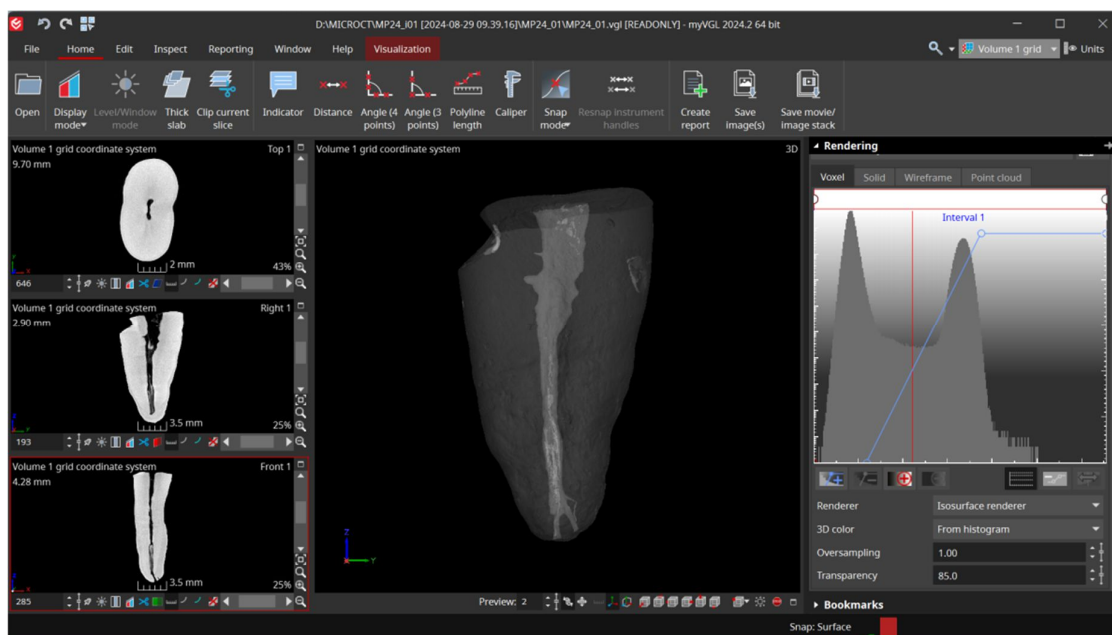
4.8. Análise e interpretação dos dados qualitativos e quantitativos

A aquisição das imagens escaneadas em microCT foi realizada através do software Inspect-X (XT 6.10) (Nikon Metrology, Lovaina, Bélgica) e para reconstrução foi utilizado o software CT Pro 3D (XT 6.10) (Nikon Metrology, Lovaina, Bélgica). A visualização das imagens foi possível utilizando-se o software VGSTUDIO MAX (3.4.4) (Volume Graphics GmbH, Heidelberg, Alemanha), onde foi possível a edição e exportação das imagens 3D, suavização das imagens com a aplicação do filtro de Gauss e para fornecer cortes transversais da estrutura interna das raízes (Figura 3).

As imagens escaneadas em OCT foram importadas e processadas no software Image J (Imaging Processing and Analysis in Java) (National Institutes of Health, Maryland, Estados Unidos da América), de forma a extrair os A-scans (imagens transversais geradas por medições axiais de atrasos de tempo de eco) das áreas de interesse do estudo, e posterior reconstrução em imagem 3D (Figura 4).

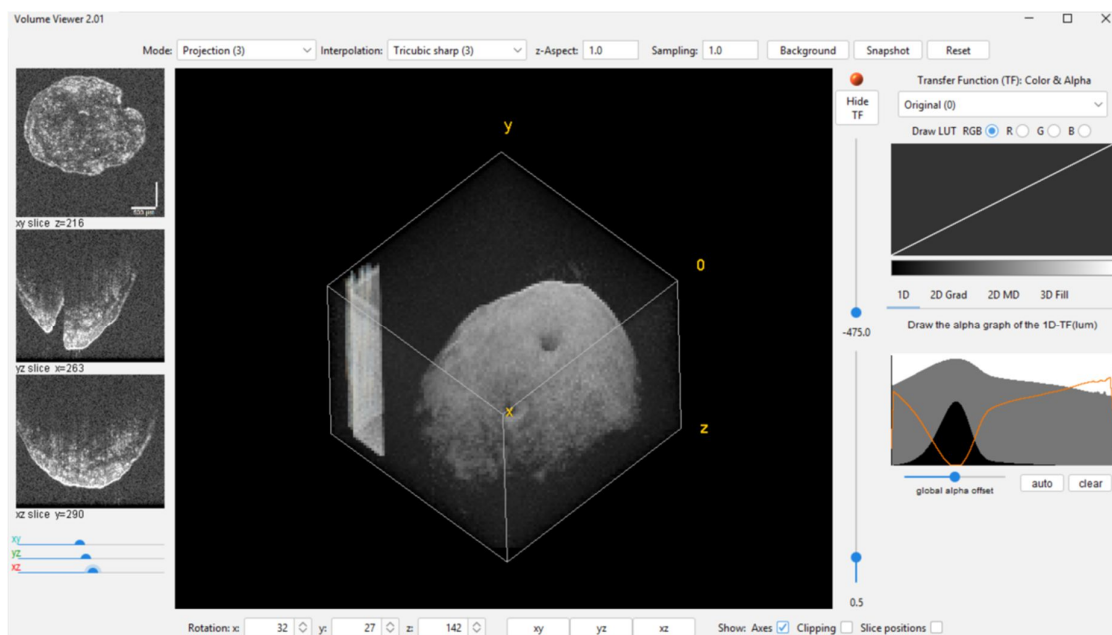
Assim, as imagens foram analisadas, para uma comparação qualitativa e quantitativa da morfologia antes e depois dos procedimentos de modelagem com os diferentes protocolos, a porcentagem de acréscimo de volume do canal radicular, bem como a centralização do preparo, grau de transporte do canal e incidência de microfissuras entre os grupos.

Figura 3 - Imagem representativa da reconstrução de amostra após escaneamento por microCT obtida pelo software VGSTUDIO MAX (3.4.4).



Fonte: Elaborada pela autora (2025).

Figura 4 - Imagem representativa da reconstrução de amostra após escaneamento por OCT obtida pelo software Image J.



. Fonte: Elaborada pela autora (2025).

4.8.1 Avaliação de volume intracanal

O volume intracanal inicial e final foram obtidos e, com base nesses valores, a porcentagem de aumento de volume dos canais radiculares (% aumento de volume do canalradicular) foram calculadas usando a seguinte fórmula (De-Deus *et al*, 2019; Santos-Júnior *et al.* 2020; Tavares *et al.* 2021).

$$\% \text{ aumento de volume do canal} = \left(\frac{\text{Volume final}}{\text{Volume inicial}} \times 100 \right) - 100$$

A medida do volume inicial e final foi realizada utilizando-se o software VGSTUDIO MAX (3.4.4) (Nikon Metrology, Lovaina, Bélgica) para análise dos arquivos obtidos após o escaneamento das amostras, apresentados em extensão .vgl.

Então, seguiu-se com determinação das áreas com a segmentação da amostra em material de interesse (dente) e o que é background (canal + vazio externo). Em seguida foi criado um subvolume do dente para o programa reconhecer apenas duas estruturas, o dente e o canal, e não mais o vazio externo. Dessa forma, foi gerado um subvolume dentro do material de interesse (dente) com o canal completamente inserido nesse subvolume nos eixos X, Y e Z com o cuidado de não selecionar um espaço onde o canal estivesse em contato com o vazio externo, pois não seria possível realizar a análise apenas do canal.

Assim foi criado o registro de interesse (ROI), correspondendo ao subvolume do dente, e a partir de então trabalhado em cima do extração da região de interesse (“Extracted ROI”). A partir do “Extracted ROI” foi criado o “ROI from Volume” e “invert ROI”, assim foi obtido uma região de análise apenas para o background (canal + parte vazia) do subvolume, mas sem nenhuma parte vazia inclusa no mesmo. Então foi solicitado ao programa calcular a “porosidade” do ROI, mas especificamente da “invert ROI”, a partir de parâmetros informados ao sistema. Por fim, na aba de resultados foram calculados os dados da análise solicitada, podendo ser observados o volume do canal (interpretado pelo programa como uma porosidade) em termos quantitativos (volume em mm³), além do dado qualitativo (imagem em 3D).

4.8.2 Avaliação do índice de centralização e grau de desvio do preparo intracanal

Para avaliar a centralização e o transporte do preparo dos canais radiculares foram utilizados critérios sugeridos por Gambill *et al.* (1996), onde se calcula o índice de centralização e grau de transporte do preparo baseado nas fórmulas seguintes:

Índice de centralização:

- I_{VL} (Índice no sentido VL) -- $(X1-X'1) / (X2-X'2)$
- I_{MD} (Índice no sentido MD) -- $(Y1-Y'1) / (Y2-Y'2)$

Grau de transporte:

- D_{VL} (Desvio no sentido VL) -- $(X1-X'1) - (X2-X'2)$
- D_{MD} (Desvio no sentido MD) -- $(Y1-Y'1) - (Y2-Y'2)$

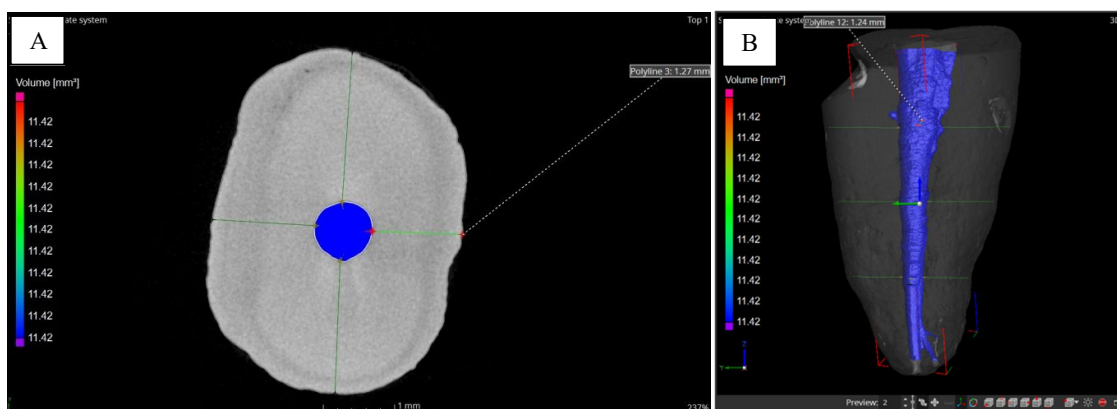
Deve-se destacar que no cálculo do índice de centralização o numerador da razão sempre é o menor valor resultado da diferença entre os valores $(X1-X'1)$ ou $(X2-X'2)$, bem como $(Y1-Y'1)$ ou $(Y2-Y'2)$. No grau de transporte o maior valor entre $(X1-X'1)$ e $(X2-X'2)$, bem como $(Y1-Y'1)$ e $(Y2-Y'2)$, estará na frente da subtração.

Descreve-se: X1 é a distância da parede vestibular do canal à parede vestibular da superfície vestibular da raiz do canal não instrumentado; X2 é a distância da parede lingual do canal à parede lingual da superfície lingual da raiz do canal não instrumentado; Y1 é a distância da parede mesial do canal à parede mesial da superfície mesial da raiz do canal não instrumentado; Y2 é a distância da parede distal do canal à parede distal da superfície distal da raiz do canal não instrumentado; X'1 é a distância da parede vestibular do canal à parede vestibular da superfície vestibular da raiz do canal instrumentado; X'2 é a distância da parede lingual do canal à parede lingual da superfície lingual da raiz do canal instrumentado; Y'1 é a distância da parede mesial do canal à parede mesial da superfície mesial da raiz do canal instrumentado; Y'2 é a distância da parede distal do canal à parede distal da superfície distal da raiz do canal instrumentado.

As medidas das distância da borda do canal não instrumentado e instrumentado até a borda do dente nas direções mesial, distal, vestibular e palatina no plano axial foram obtidas por meio da análise das reconstruções iniciais e finais das amostras através do software CT Pro 3D (XT 6.10)) (Nikon Metrology, Lovaina, Bélgica) e para visualização foi utilizado o software VGSTUDIO MAX (3.4.4)) (Nikon

Metrology, Lovaina, Bélgica). As regiões escolhidas para a determinação dessas medidas foram a 10 mm, 7 mm e 4 mm do ápice radicular (Figura 5).

Figura 5 – Representação das linhas traçadas para medição das distâncias da borda do canal até a borda externa da raiz nas direções mesial, distal, vestibular e palatina (A) e em três níveis (10 mm, 7 mm e 4 mm a partir do ápice) (B).



Fonte: Elaborada pela autora (2025).

A proporção do índice de centralização, $(X1-X'1) / (X2-X'2)$ ou $(Y1-Y'1) / (Y2-Y'2)$, indica a capacidade do instrumento em manter-se centralizado no canal radicular durante o preparo biomecânico, quanto mais próxima de 1 melhor a centralização e quando a proporção for igual a 1 este indicará uma centralização perfeita (Gambill *et al.* 1996) .

A subtração do grau de transporte, $(X1-X'1) - (X2-X'2)$ ou $(Y1-Y'1) - (Y2-Y'2)$ indica a extensão e a direção do transporte do canal VL ou MD, respectivamente. O resultado mais próximo ao 0, representa um menor grau de desvio da trajetória original do canal, já um resultado igual a 0 indica que não houve nenhum transporte (Gambill *et al.* 1996).

4.8.3 Avaliação de incidência de microfissuras

Posteriormente ao escaneamento inicial e final, foram avaliadas as imagens transversais capturas por microCT e OCT referentes a 1,5 mm da porção apical das raízes (limite de penetração da luz no OCT é de 1,6 mm).

Dois examinadores, especialistas em endodontia, foram previamente treinados com imagens de microCT e OCT geradas a partir de dentes que não foram incluídos na amostra do estudo, para a avaliação cega das amostras quanto a

presença e caracterização de microfissuras (Oliveira *et al.* 2017). Os examinadores, de forma independente, pontuaram a presença, ausência ou incerteza de microfissuras nas imagens iniciais e finais, de microCT e OCT, em dois momentos, porém com mesmos padrões de análise em relação a ambiente, iluminação e computadores, em um intervalo de 15 dias (avaliação 1 e 2) (Pinto *et al.* 2023).

As microfissuras foram definidas como linhas ou defeitos que se estendem de dentro do canal radicular até a dentina; da superfície externa da raiz até a dentina ou que percorram a dentina horizontalmente como rachaduras.

4.9 Análise estatística

Os dados foram tabulados em planilha EXCEL e o programa estatístico OriginPro (OriginLab, Northampton, Massachusetts, Estados Unidos da América) e SPSS (IBM, São Paulo, São Paulo, Brasil) foram utilizados para obtenção dos cálculos estatísticos. Os dados foram analisados descritivamente através das medidas e pelos testes estatísticos específicos.

A avaliação do volume incluiu a análise da dispersão dos valores, seguido do Teste de Grubb's para identificar possíveis valores discrepantes; estatística descritiva dos valores de média, mediana, desvio padrão e erro padrão para os volume intracanal dos grupos experimental e controle, em valores absolutos e relativos; além de uma análise de variância T Student com 1 fator para avaliar (o tipo de tratamento).

O índice de centralização e o grau de desvio requereram análise da variação dos dados numéricos de I_{VL} , I_{MD} , D_{VL} , D_{MD} para os terços da raiz radicular e para os grupos de tratamento. A estatística descritiva com média e desvio padrão para índice de centralização e grau de desvio em relação ao tratamento, ao terço radicular e a interação entre esses fatores; realizado um Teste ANOVA de 2 fatores, sendo um fator com 3 níveis de variação (apical, médio e cervical) e o segundo fator com 2 níveis de variação (experimental e controle) e o teste T-Student pareado para confirmar a tendência entre terços (apical, médio e cervical).

A análise de microfissuras apicais foi realizada por meio da estatística descritiva da média entre os valores que foram atribuídos para as avaliações 1 e 2; o pelo Teste de Kappa das análises inter-examinadores e intra-examinadores e pelo cálculo da porcentagem de concordância entre as análises iniciais e finais para o microCT e OCT.

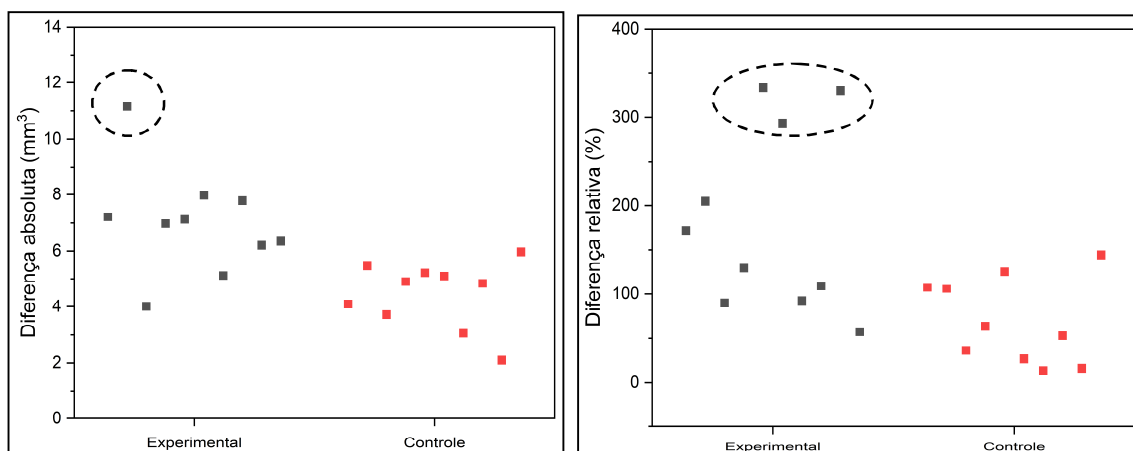
5 RESULTADOS

5.1 Aumento de volume do canal radicular

A avaliação do volume do canal radiuclar foi realizada nas 20 amostras, as quais foram considerados independentes e indistinguíveis, com 10 repetições para cada grupo (experimental ou controle) na variação de volume absoluta e relativa do volume antes e após o preparo biomecânico.

Os valores das diferenças absolutas e relativas dos volumes intracanal dos grupos experimental e controle foram agrupados e sugeriram a presença de valores discrepantes (outliers) no grupo experimental, tanto na variação absoluta quanto na relativa, que foram demarcados com um círculo nos gráficos de dispersão (Figura 6). Entretanto, o Teste de Grubb's, empregado para identificar possíveis outliers, mostrou que nenhum dos valores encontrado foi significativamente discrepante.

Figura 6 – Valores de diferenças absolutas e relativas dos volumes intracanal dos Grupos Experimental e Controle.

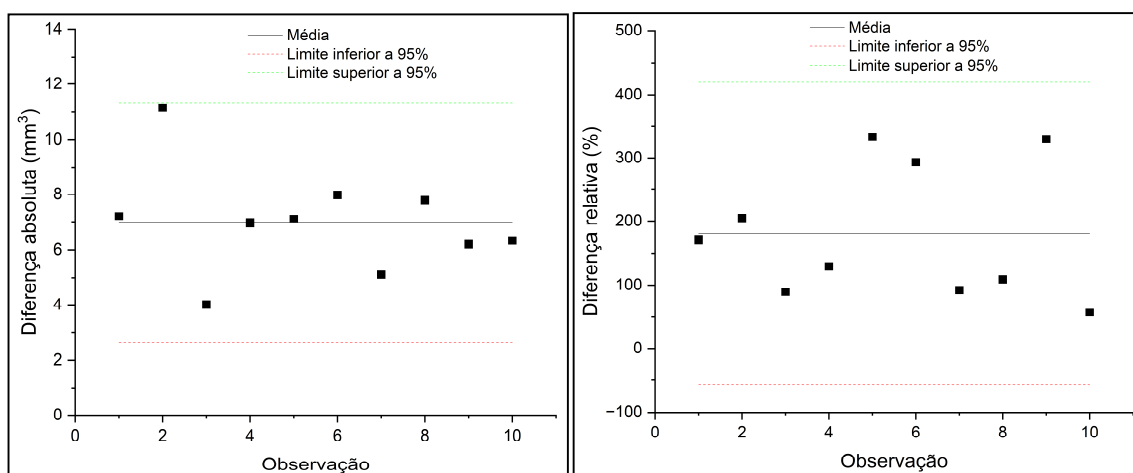


Fonte: Elaborada pela autora (2025).

Em particular, analisando a diferença absoluta suspeita (11,16 mm³), a estatística do teste foi $G = 2.19264$ e o valor crítico para o valor suspeito foi $G_c = 2.28995$. Como $G < G_c$ pode-se considerar que esta variação não é discrepante com 95% de confiança. Para o caso da maior variação relativa no mesmo tratamento experimental (333.18%), a estatística $G = 1,45832$ a também foi menor que o valor crítico e foi descartada a presença de outliers.

Como mostra a Figura 7, os pontos pretos representam os valores das diferenças absolutas e relativas das amostras do Grupo Experimental, a linha preta horizontal, a média, e as linhas verdes e vermelhas, os limites de tolerância de valores máximo e mínimo, respectivamente, para ser considerado ou não um valor discrepante em relação aos demais. Observa-se que todos os valores estão dentro das linhas de tolerância, logo todos os dados puderam ser incluídos nas análises subsequentes sem necessidade de remoção.

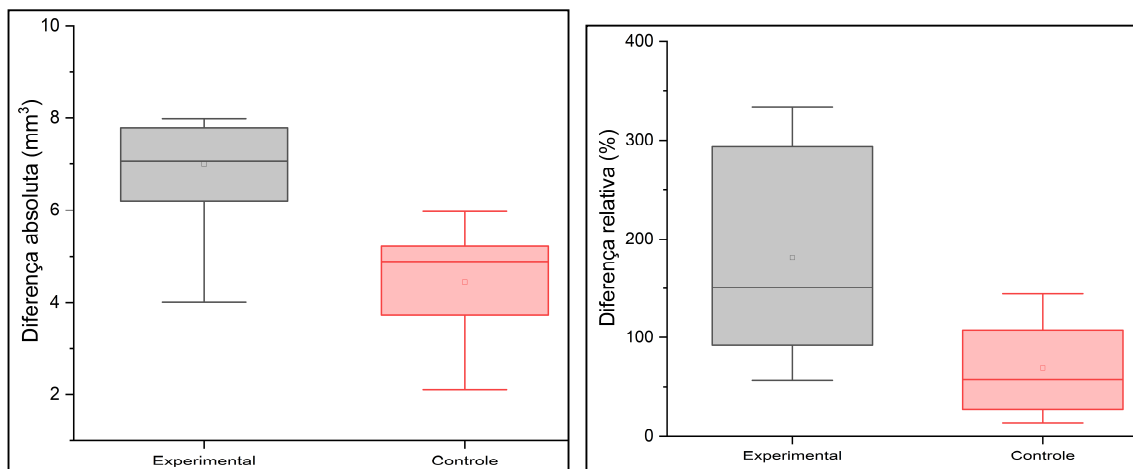
Figura 7 – Representação do Teste de Grubb's das diferenças absolutas e relativas do Grupo Experimental para identificação de possíveis valores discrepantes.



Fonte: Elaborada pela autora (2025).

Os gráficos de caixa na Figura 8 indicam que o tratamento experimental apresenta diferença absoluta e relativa maior do que o tratamento controle. A mediana do grupo experimental (linha central nas caixas) também está significativamente acima da mediana do controle, reforçando que há uma diferença entre os tratamentos e que o Grupo Experimental concentra valores de ganhos volumétrico maiores. Entretanto, o mesmo tratamento experimental também apresenta a maior dispersão (variando de 57% a 333%), representada pelo tamanho do intervalo interquartil e pela extensão das barras verticais, o que indica uma maior variabilidade neste tratamento, tendo o controle uma distribuição mais homogênea.

Figura 8 – Representação das medianas, intervalos quartis e distribuição de valores mínimos e máximos das diferenças absolutas e relativas dos volumes intracanal dos Grupos Experimental e Controle.



Fonte: Elaborada pela autora (2025).

A variação média de volume do tratamento experimental foi de $6.99 \pm 0.61 \text{ mm}^3$ em valores absolutos e $181.1 \pm 32.9 \%$ em valores relativos, maior que a variação média com o tratamento controle, que foi de $4.45 \pm 0.38 \text{ mm}^3$ em valores absolutos e $69.4 \pm 15.2 \%$ em valores relativos. A diferença entre as variações é mais notável na escala relativa, sendo superior em quase três vezes (Tabela 1).

Tabela 1 - Estatística descritiva das médias, desvio padrão e erro padrão para os volumes intracanal dos Grupos Experimental e Controle em valores absolutos e relativos.

	Diferença absoluta (mm^3)			Diferença relativa (%)		
	Média (D)	Desvio padrão (σ)	Erro padrão (e)	Média (R)	Desvio padrão (σ)	Erro padrão (e)
Experimental	6.99	1.90	0.61	181.1	104.3	32.9
Controle	4.45	1.19	0.38	69.4	48.0	15.2

Fonte: Elaborada pela autora.

Para reforçar a diferença observada no volume e confirmar se é estatisticamente significativa, foi realizada uma análise de variância T Student com 1 fator (o tipo de tratamento).

Tabela 2 - Resultados do teste T Student para volume.

	Diferença absoluta (mm ³)			Diferença relativa (%)		
	SQM	Valor- <i>F</i>	Prob > <i>F</i>	SQM	Valor- <i>F</i>	Prob > <i>F</i>
Modelo	32.41	12.87	0.0021	62484.89	9.48	0.0065
Erro	45.34			6588.45		

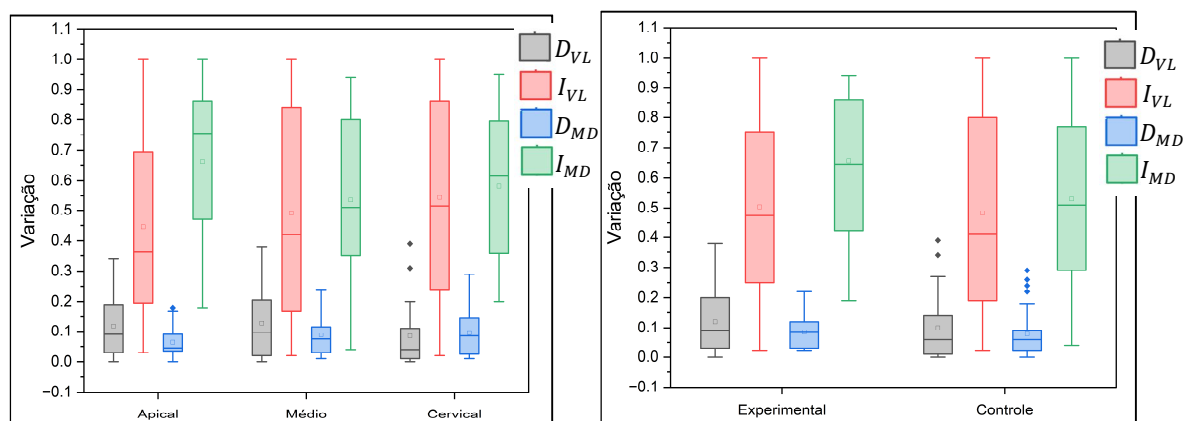
Fonte: Elaborada pela autora (2025).

Os resultados mostram que os valores de *p* foram menores que 0.05 (95% de confiança) para diferença absoluta e relativa, ou seja, o Grupo Experimental proporcionou uma diferença de volume intracanal, absoluta e relativa, significativamente maior que o Grupo Controle.

5.2 Índice de centralização e grau de desvio do canal radicular

A avaliação da centralização e grau de desvio do canal radicular foi avaliada considerando dois fatores de variação, que poderiam impactar no resultado: o terço do canal radicular (apical, médio e cervical) e o tratamento (experimental e controle). Então foi realizado um ANOVA de 2 fatores, sendo um fator com 3 níveis de variação e o segundo fator com 2 níveis de variação.

Figura 9 - Gráfico de variação dos índices de centralização e graus de desvio VL e MD em relação aos terços da raiz radicular (apical, médio e cervical) para os grupos de tratamento (experimental e controle).



Fonte: Elaborada pela autora (2025).

Inicialmente pode-se observar que há grande dispersão dos valores obtidos, principalmente o I_{VL} e o I_{MD}, representados pelo tamanho do intervalo interquartil no e pela extensão das barras verticais gráfico de caixa na Figura 9. Pode-se observar a

presença de 2 valores discrepantes no D_{VL} o terço cervical e associados ao tratamento do Grupo Controle; e 4 valores discrepantes no D_{MD} no Grupo Controle. Entretanto, de uma perspectiva geral, as observações discrepantes não alteram a tendência observada (Figura 9).

Foram obtidas as médias e os desvios padrão do I_{VL} , I_{MD} , D_{VL} e D_{MD} para o grupo de tratamento, para terço radicular e para a interação dos dois fatores citados anteriormente (Tabela 3). A análise dos dados não evidenciou diferença estatística considerando o intervalo de confiança de 95% (Tabela 3 e 4), sendo possível afirmar as informações que seguem. Os índices I_{VL} e I_{MD} , como D_{VL} e D_{MD} , apresentaram variações similares para ambos os tratamentos. Em quase todas as apreciações de D_{VL} os valores são maiores que os valores de D_{MD} , quando analisado de forma independente os valores médios em relação ao terço, exceto no terço cervical, e ao tratamento aplicado. Indicando que houve mais desvios da trajetória do conduto no sentido VL. Em todas as apreciações os valores de I_{MD} são maiores que os apresentados por I_{VL} , quando analisado de forma independente os valores médios em relação ao terço e ao tratamento aplicado. Indicando que, de modo geral, houve melhor centralização no sentido MD (Tabela 3).

Tabela 3 – Médias e desvios padrões dos valores de índice de centralização em relação ao tratamento, ao terço radicular e a interação entre os fatores.

Variáveis		I_{VL}	Valor de p	I_{MD}	Valor de p
Tratamento			0,814		0,058
Experimental (E)		0.5041 ± 0.0577		0.6560 ± 0.0389	
Controle (C)		0.4833 ± 0.0647		0.5303 ± 0.0513	
Terço			0,660		0,287
Apical		0.4457 ± 0.0696		0.6615 ± 0.0530	
Médio		0.4910 ± 0.0796		0.5355 ± 0.0625	
Cervical		0.5445 ± 0.0759		0.5825 ± 0.0546	
Interação			0,638		0,811
Apical	E	0.461 ± 0.084		0.712 ± 0.052	
	C	0.430 ± 0.115		0.611 ± 0.092	
Médio	E	0.550 ± 0.109		0.628 ± 0.084	
	C	0.432 ± 0.118		0.443 ± 0.086	
Cervical	E	0.501 ± 0.112		0.628 ± 0.064	
	C	0.588 ± 0.106		0.537 ± 0.089	

Fonte: Elaborada pela autora (2025).

Tabela 4 – Médias e desvios padrões dos valores de grau de desvio em relação ao tratamento, ao terço radicular e a interação entre os fatores.

Variáveis		D _{VL}	Valor de p	D _{MD}	Valor de p
Tratamento			0,493		0,741
	Experimental (E)	0.1200 ± 0.0204		0.0857 ± 0.0103	
	Controle (C)	0.1003 ± 0.0202		0.0797 ± 0.0146	
Terço			0,444		0,337
	Apical	0.1175 ± 0.0237		0.0640 ± 0.0110	
	Médio	0.1280 ± 0.0263		0.0885 ± 0.0156	
	Cervical	0.0850 ± 0.0245		0.0955 ± 0.0183	
Interação			0,210		0,961
Apical	E	0.095 ± 0.028		0.068 ± 0.014	
	C	0.140 ± 0.038		0.060 ± 0.018	
Médio	E	0.168 ± 0.042		0.088 ± 0.020	
	C	0.088 ± 0.028		0.089 ± 0.025	
Cervical	E	0.097 ± 0.033		0.101 ± 0.019	
	C	0.073 ± 0.038		0.090 ± 0.032	

Fonte: Elaborada pela autora (2025).

Um resultado está no limite na significância com valor de $p = 0,058$, é o resultado do Teste ANOVA para a variável I_{MD} em relação apenas ao tratamento aplicado, indicando que há diferença para I_{MD} entre Grupo Experimental e Controle. Observando a Tabela 3 percebe-se que para o Grupo Experimental o I_{MD} apresentou resultado superior, apresentando uma melhor centralização MD (Tabela 3). Além disso, a tendência geral, sem fortes justificativas estatísticas, sugere que a diferença entre os valores médios de I_{VL} diminui com o avanço entre os terços (cervical, médio e apical), já I_{MD} não segue esse padrão (Tabela 3).

Apesar de não ter atingido o valor de significância, se forem considerados os menores valores de p no Teste ANOVA é possível examinar a análise do aspecto da interação entre terço e tratamento no D_{VL} ($p = 0,21$). Observando os dados da interação entre os fatores (terço e tratamento) para D_{VL} , o terço apical apresentou a menor média para o Grupo Experimental; já no terço médio e cervical, o Grupo Controle obtiveram as menores médias. Concluindo-se que os menores desvios aconteceram no terço apical para o Grupo Experimental, enquanto no terço cervical e médio foi para Grupo Controle. (Tabela 4).

5.3 Microfissuras

Neste caso, há quatro fatores de variação que podem impactar no resultado, cada um deles com dois níveis: 1- Técnica utilizada para análise (OCT ou MCT); 2-

Avaliador (A ou B); 3- Avaliação (1 ou 2); 4- Tratamento (Experimental ou Controle). Para considerar a diferença foi criado um sistema de escala para quantificar o impacto entre os fatores, atribuindo valores numéricos a classificação: Ausente = 0; Indefinido = 40; Presente = 100; e assim eliminando a variável avaliação 1 e 2.

Desta forma, foi possível comparar as médias entre todos os fatores de variação: Técnica, Avaliador e Tratamento, bem como as interações entre eles (Tabela 5).

Tabela 5 - Médias entre os fatores avaliados (técnica, avaliador e tratamento) para análise de microfissuras apicais nos grupos microCT MCT e OCT.

Variáveis	Médias	Valor de p
Técnica		0,146
microCT	51,75	
OCT	40,75	
Avaliador		0,715
A	48,12	
B	44,37	
Tratamento		<0,01
Controle	69,75	
Experimental	22,75	

Fonte: Elaborada pela autora (2025).

A maior diferença está no fator Tratamento, sendo a média Controle muito maior do que a Experimental. Quando analisadas as médias pela Técnica ou pelo Avaliador, ambas médias estão próximas de 50, ou seja, houve uma distribuição mais homogênea entre presença e ausência. A análise de variância ANOVA para as médias, a fim de confirmar a significância das variações acima, teve como resultado um valor de $p < 0.01$ para a variável tratamento. Demonstra-se que no Grupo Controle houve maior presença de microfissuras apicais observadas em comparação ao Grupo Experimental, porém esse resultado engloba avaliação dos examinadores das imagens antes e depois da instrumentação sem distinção, logo não necessariamente esse valor corresponde a incidência da microfissura apical (ou seja, uma microfissura apical que não estava na imagem inicial da amostra e surge na imagem após instrumentação).

Para análise intra e inter-examinadores quanto a presença de microfissuras apicais nas imagens de OCT e microCT foi realizado o Teste de Kappa, que variou de 0,858 a 0,975; ou seja, tiveram concordância considerada quase perfeita (Miot, 2016) (Tabela 6), demonstrando que não houve disparidade das avaliações.

Tabela 6 - Resultado do teste de Kappa intra-examinadores e inter-examinadores.

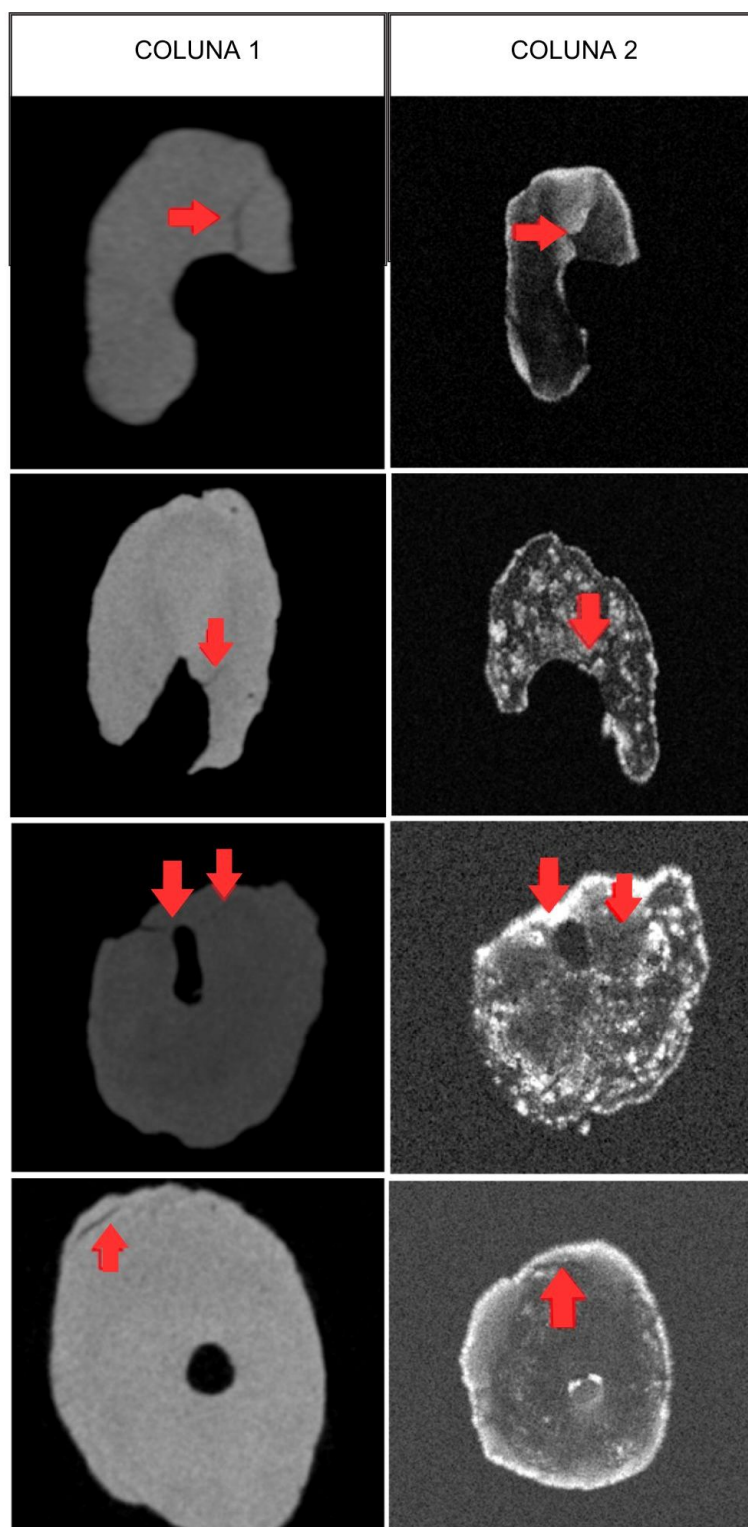
Examinador	N	Kappa	Sig.
Intra-examinador			
A	80	0,858	<0,01
B	80	0,975	<0,01
Inter-examinador			
AxB	80	0,871	<0,01

Fonte: Elaborada pela autora (2025).

Tanto por OCT quanto por microCT, sem considerar o avaliador ou tratamento utilizado, a correspondência entre a avaliação inicial e a final foi 90% para OCT e 92.5% para microCT, com apenas 10% e 7.5% de mudanças entre a avaliação inicial para final via OCT e microCT, respectivamente. Além disso, quando observado os dados, percebe-se que em apenas 1 caso identificado por ambos examinadores a mudança aconteceu entre a ausência da avaliação pré-instrumentação para a presença da microfissura na avaliação pós-instrumentação no Grupo Experimental.

A Figura 10 demonstra exemplos de imagens geradas por microCT (coluna 1) e OCT (coluna 2) de microfissuras apicais avaliadas pelos examinadores.

Figura 10 - Secções transversais em microCT (coluna 1) e OCT (coluna 2) identificando microfissuras completa e incompletas do canal radicular (setas vermelhas).



Fonte: Elaborada pela autora (2025).

6 DISCUSSÃO

Na presente pesquisa, foi analisada a eficácia do uso do inserto ultrassônico Clearsonic Black (CB) como instrumento auxiliar na instrumentação de canais achatados, através do aumento de volume após o preparo do canal, da análise da capacidade de centralização ou formação de desvios da trajetória do conduto e investigação da formação de microfissuras apicais.

As vantagens do uso do inserto ultrassônico no protocolo do preparo mecânico de canais achatados já foi evidenciada por estudos na literatura que concluíram que o CB usado como auxiliar promove uma redução significativa de paredes de canais radiculares não instrumentados e melhora de forma importante o processo de limpeza de canais radiculares achatados (De-Deus *et al.* 2019; Rivera-Penã *et al.* 2019). Por isso o instrumento CB compôs a caracterização do Grupo Experimental em comparação ao Grupo Controle.

Para o Grupo Controle, optou-se pelo uso da lima endodôntica Reciproc Blue (RB), pelo seu uso seguro e eficaz já consolidado, inclusive em pesquisas com metodologia semelhantes a esta, como o estudo de De-Deus *et al.* (2019) e Santos Júnior *et al.* (2020). O instrumento RB é geometricamente similar ao instrumento Reciproc, com seção transversal em forma de S, mas compreende tecnologia avançada, com maior flexibilidade e resistência à fadiga cíclica, resultante de sua fabricação a partir do tratamento térmico com a formação de uma camada de óxido de titânio azul em sua superfície.

Os pré-molares superiores estão dentro do grupo de dentes cujo conduto possui dimensões VL 2 a 4 vezes maior que suas dimensões MD e por essa razão perfizeram o grupo dentário da amostra (Cassal; Soares; Santos, 2023). Devido ao seu formato oval, áreas polares são mantidas pouco tocadas ou intocadas pelo trajeto de formato circular percorrido pelas limas endodônticas (Rivera-Penã *et al.* 2019). Por isso, o uso do inserto ultrassônico de haste longa, fina e ponta ativa em forma de seta é um potencial agente para descontaminação física de forma mais homogênea em canais achatados (De-Deus *et al.* 2019; Rivera-Penã *et al.* 2019; Santos Júnior *et al.* 2020; Tavares *et al.* 2021).

O volume do canal é uma variável usada para analisar os efeitos da instrumentação do canal na remoção da dentina e o seu acréscimo para o tratamento endodôntico é um aspecto favorável quando os objetivos são o toque nas

paredes do canal, a remoção da dentina contaminada e favorecer o fluxo da solução irrigadora (Rivera-Penã *et al.* 2019). No grupo controle, uma medida aplicada nos pesquisas laboratoriais visando aumentar a área de toque na instrumentação com a lima endodôntica, principalmete nas áreas polares de canais ovais, é o pincelamento.

. No estudo de Romeiro *et al.* (2023) testando o pincelamento em canais ovais mostrou que, embora o movimento não tenha tido impacto significativo nos sistemas testados, o instrumento RB proporcionou um aumento de volume importante e no terço apical as pinceladas laterais aumentaram significativamente a quantidade de áreas preparadas. Mesmo assim, neste estudo quando aplicado o uso adicional do inserto ultrassônico invés do movimento lateral com a RB o incremento de volume intracanal foi ainda maior. Esta pesquisa trouxe que a média em ganho de volume com o uso adicional da CB foi de 181%, enquanto o grupo controle apresentou uma média muito inferior com 69%.

Comparando o resultado apresentado por Romeiro *et al.*, (2023) ao realizar movimento de pincelamento também com RB, observa-se que o valor encontrado por ele corrobora ao desta pesquisa, uma vez que teve incremento de volume de 62,7%. Já Rivera-Penã *et al.* (2019) utilizou um protocolo com a associação de limas e insertos ultrassônicos cuja média de acréscimo de volume intracanal foi de 179%, semelhante ao encontrado, mas o grupo que apenas usou limas endodônticas teve média somente de 46% de aumento. O autor ainda afirma que a combinação de instrumentos rotatórios com pontas ultrassônicas aumenta o volume e a superfície do canal, reduzindo as áreas não instrumentadas, o que pode indicar melhor limpeza do sistema de canais radiculares.

Os resultados dos valores máximo (333%) e mínimo (57%) encontrados neste estudo para o incremento de volume com uso do inserto ultrassônico corroboraram com os resultados de Rivera-Penã *et al.* (2019), que ao testarem os insertos CB alcançaram os valores 57% e 383%. Entretanto, é preciso lembrar que as medidas quantitativas de estruturas internas dos dentes resultam do processamento de dados complexos por software/algoritmos, para reconstrução, registro e segmentação, além de serem operador dependente (De Deus *et al.* 2019).

Para De Deus *et al.* (2019) o maior volume de dentina removida pode enfraquecer o dente e, assim, diminuir sua estabilidade mecânica e resistência à fratura. Em contrapartido tamabém afirma que, observando as imagens 3D, a ponta

CB é capaz de remover a dentina seguindo o formato oval original do canal radicular, o que certamente compensa a maior remoção de tecido e não compromete a resistência da raiz em comparação com alargamentos não simétricos. Essa relação de manter a conformação original do canal também é possível de ser avaliada analisando centralização e desvio da trajetória do canal.

Em relação à capacidade de centralização, o estudo de Rivera-Penã *et al.* (2019) apresentou que todas as técnicas utilizadas, ou seja, aquelas que utilizaram apenas instrumentos rotatórios ou aquelas que incluíram a instrumentação ultrassônica, mostraram-se seguras quanto à sua capacidade de centralização. Os menores valores de centralização do estudo citado estiveram no terço coronal, sentido VL, com uso de ultrassom (0.505 ± 0.368) e apical, sentido VL, apenas com uso de limas (0.455 ± 0.431).

As médias deste estudo assemelham-se ao que foi apresentado acima, com resultado de 0.5041 ± 0.0577 quando usado o inserto ultrassônico e 0.4833 ± 0.0647 quando não foi usado. Considerando que o índice de centralização ideal é 1, os valores não estavam tão próximos, mostrando que ambos os tratamentos levaram a algum desvio que precisa ser levado em consideração.

Neste estudo o índice de centralização não apresentaram diferenças estatísticas em relação ao terço do canal radicular ou em relação ao protocolo de tratamento adotado. O índice de centralização VL, de modo geral, apresenta resultados inferiores do que aqueles apresentados no sentido MD, como também parecem diminuir quando analisado o terço radicular isoladamente (cervical, médio e apical), onde à medida que o instrumento avança de cervical para apical, a centralização é prejudicada, apesar não ter existido valor significativo estatisticamente. Isso pode ser explicado pelo preparo das paredes do canal radicular com maior remoção de dentina à medida que o canal afunila e torna-se mais estreito; e pela investida do operador em realizar movimentos no sentido VL. No estudo de Romeiro *et al.* (2023), quando usado a lima RB no movimento de pincelamento o movimento afetou a centralização com diferença estatisticamente significativa para este terço.

: Destaca-se nesta discussão a relação do índice de centralização MD aos protocolos de tratamento ($p = 0,058$). No Grupo Experimental a centralização MD foi melhor do que no Grupo Controle, ou seja, a CB foi mais favorável na manutenção da centralização MD do canal radicular do que a RB quando em movimento de

pincelamento. Tais aspectos não foram destacados por nenhum autor até então. A hipótese para essa questão pode estar na precisão do movimento realizado pela CB, pois, como já é de conhecimento sua haste é longa, fina, reta, firme e apenas sua ponta é ativa em forma de seta, permitindo alcançar áreas mais específicas. Já a RB, tem 16 mm de comprimento ativo, além de maior flexibilidade, o que pode ter gerado maior amplitude, mas com menos precisão durante o movimento de pincelamento VL do operador, consequentemente atingindo mais as paredes mesiais e distais que a CB.

Sobre o grau de desvio os valores encontrados também não apresentaram diferenças estatísticas em relação ao terço do canal radicular ou em relação ao protocolo de tratamento adotado. Já, no estudo de Rivera-Penã *et al.* (2019) foram observadas diferenças estatisticamente significativas no terço coronal, assim como para seu índice de centralização coronal que teve melhor resultado com o uso apenas de limas, onde os grupos que usaram apenas instrumentos rotatórios tiveram menores valores de transporte.

Apesar do presente estudo não ter apresentado diferenças significativas do ponto de vista estatístico foi observado que, de modo geral, o grau de desvio VL foi maior que o MD, acompanhando o resultado encontrado pelo índice de centralização. Esse aspecto justifica-se pela maior concentração da ação dos instrumentos nesses polos, consequentemente gerando mudança nas medidas entre a parede externa da raiz e a parede interna do canal radicular nesse sentido. Rivera-Penã *et al.* (2019) também justificou dessa forma a única diferença estatística de desvio do canal que apresentou, causada no terço coronal no sentido VL pelo ultrassom.

Por conta do menor valor de p ($p = 0,21$) que foi apresentado em relação aos demais, foram analisados os dados apresentados pelo grau de desvio VL em relação à intersetão entre os terços do canal radicular e os tratamentos usados. Observa-se que no terço apical o grau de desvio VL é maior para o grupo controle do que grupo da CB. Este fato pode ser atribuído a menor ação direta da ponta CB nessa profundidade do canal. Afinal o seu preparo inicial foi realizado com lima de ponta cujo diâmetro mede 0,4 (atinge entre 0,52 a 0,58 em 3 mm de ponta ativa) e a CB tem um diâmetro de 0,5 em sua ponta. Já no terço médio e cervical os valores de grau de desvio VL foram menores para o Grupo Controle, dando força a justificativa

apresentada, pois nos terços cervical e médio a ação da CB é maior, havendo maior remoção de dentina das paredes e, conseqüentemente, alterando as medidas.

A preparação do canal radicular pode induzir microfissuras que podem propagar para fraturas radiculares ou serem microregiões suscetíveis à infecção bacteriana, diminuindo significativamente o bom prognóstico endodôntico a longo prazo (Alkahtany e Al-Madi, 2020). A eficácia do inserto ultrassônico no preparo biomecânico tem sido investigada cientificamente (De-Deus *et al.* 2019; Rivera-Penã *et al.* 2019; Santos-Júnior *et al.* 2020; Tavares *et al.* 2021), mas não há abordagem quanto à segurança do seu uso em relação à formação de microfissuras pelo contato ativo do instrumento nas paredes do canal. Assim a motivação deste estudo foi investigar se a atividade ultrassônica poderia provocar maior incidência de microfissuras apicais quando comparado ao tratamento realizado com a lima RB.

A microCT e OCT são tecnologias de obtenção de imagem que possibilitaram a investigação de defeitos dentinários com uma resolução detalhada antes e depois da preparação do canal radicular, de modo não invasivo e destrutivo (Oliveira *et al.* 2017). Por isso, o presente estudo optou por realizar ambos os métodos, sendo o microCT a tecnologia de referência e o OCT a tecnologia para comparação.

Os valores de kappa para os dispositivos são mostrados na Tabela 5. Em relação à capacidade do OCT em identificar microfissuras tal qual o microCT, os resultados da avaliação intra e inter-examinadores foram considerados quase perfeitos pelo índice de interpretação de kappa (Miot, 2016). Evidencia-se a capacidade da OCT em ser um método de identificação de defeitos dentinários no ápice radicular. Tal resultado assemelha-se ao publicado por Yashioka *et al.* (2012), que identificou ser possível visualizar fissuras verticais nas superfícies da raiz, e Chen *et al.* (2022), ao analisar microfissuras apicais visualizadas através forame percorrendo horizontalmente a dentina.

Nesta pesquisa foi observada a presença de microfissuras com predominância significativa no Grupo Controle, porém isso não pode ser interpretado como uma consequência relacionada exclusivamente ao protocolo adotado por esse grupo, pois 100% dos casos as microfissuras estiveram presente na avaliação inicial mesmo antes de terem passado por intervenção. Assim como em Alkahtany e Al-Madi (2020) que em seus os resultados mostraram que a maiorias microfissuras detectadas por microCT em imagens pós-instrumentação estavam presentes nas imagens pré-instrumentação.

A ocorrência de microfissuras é atribuído a outros fatores, conforme as seguintes hipóteses destacadas pela literatura: forças durante a extração, cargas oclusais excessiva, a idade do dente ou a desidratação do dente extraído (Pinto *et al.*, 2023; Versiani *et al.* 2021). Em relação à desidratação, Versiani *et al.* (2021) explica que microfissuras dentinárias radiculares observadas em imagens de dentes extraídos não são causadas pela intervenção realizada no canal radicular, mas a desidratação dos mesmos. No entanto, para evitar o efeito da desidratação da dentina, neste estudo os dentes foram armazenados em água destilada individualizados por tubos falcon de 2 ml.

Já em relação à comparação das avaliações pré-instrumentação e pós-instrumentação, houve concordância de 90% dos casos para OCT e 92,5% para microCT, com apenas 10% e 7,5% de mudanças entre as avaliações, respectivamente. Essas modificações ocorreram entre a indicação de ausência, presença e incertezas. Porém, dessas porcentagens, nenhuma correspondeu ao caso do examinador identificar a incidência (ausência na avaliação pré-instrumentação e presença na avaliação pós) de microfissura apical por meio das imagens de OCT no Grupo Experimental ou Controle, enquanto ambos examinadores encontraram um caso de incidência em imagem de microCT no Grupo Experimental.

Os resultados do Grupo Controle que não demonstram nenhuma incidência de microfissura apical corrobora com Oliveira *et al.* (2017) que revelou que nenhuma microfissura foi atribuída à instrumentação com os sistemas reciprocantes testados. Como também com Aksoy *et al.* (2019) ao afirmar que na sua pesquisa o sistema RB também não causou nova microfissura.

Em relação ao Grupo Experimental, nenhum outro estudo atual avaliou a incidência de microfissuras apicais após instrumentação ativa do inserto ultrassônico no canal radicular. O estudo de Rashed *et al.* (2019) avaliou a formação de microfissuras por ação ultrassônica no retrotratamento endodôntico e detectou uma incidência aumentada de formação de fissuras após a ressecção apical e preparação ultrassônica da extremidade da raiz, contudo é preciso destacar o inserto ultrassônico utilizado, a potência de trabalho e a posição inserção da ponta na amostra não foram iguais às aplicadas pelo protocolo do Grupo Experimental nesta pesquisa.

Assim como em Oliveira *et al.* (2017), as linhas de microfissuras foram apresentadas como uma fenda separando a dentina, observada como linha escura na imagem e frequentemente cercada por uma área branca nas imagens de OCT (Fig. 6). O estudo de Oliveira *et al.*, (2017) explica esse fenômeno devido à orientação do feixe de luz da varredura do OCT em relação ao longo eixo das amostras. O feixe de luz do sistema OCT foi orientado paralelamente ao eixo longo dos dentes, acima do ápice da raiz, assim a luz se propagou ao longo da dentina, gerando a dispersão branca na imagem, e ao longo do ar/água, gerando a região escura na imagem.

É importante salientar que embora a microCT tenha se tornado a ferramenta analítica padrão-ouro para avaliar a qualidade da preparação mecânica do canal, é preciso atentar-se a suas limitações. A análise do canal é estimada por um método que apresenta problemas de resolução inerentes e sempre presentes (De Deus *et al.* 2019). Da mesma forma acontece para o trabalho com OCT. Além disso, apesar da OCT ser uma técnica de alta resolução, não invasiva e não radiativa, seu uso é limitado devido à sua capacidade de penetração ser baixa (cerca de 2 mm no tecido duro dentário), pois depende da atenuação óptica da dispersão e absorção do tecido (Chen *et al.* 2022).

Reconhecendo as limitações deste estudo, devem-se considerar os fatores citados que influenciaram no desenho experimental, especialmente pelo número amostral reduzido. Além disso, como a análise de microfissuras em dentes submetidos à instrumentação ultrassônica foi inédita na literatura atual e até o momento poucas analisaram sua capacidade de centralização e transporte do canal, os resultados deste estudo incentivam que novas perspectivas sejam construídas e investigadas para melhor conhecer a atuação da instrumentação ultrassônica em diferentes morfologias do sistema de canal radicular.

7 CONCLUSÃO

Por fim, é possível concluir que o uso do ultrassom é uma ferramenta eficaz na instrumentação de canais radiculares. A utilização do inserto ultrassônico em canais achatados tem melhor capacidade de promover um aumento de volume intracanal do que o uso apenas de limas. O uso ou não do ultrassom, ao longo do canal radicular, não causa diferença na relação de centralização do conduto. A associação do inserto ultrassônico no protocolo de preparo biomecânico não revelou incidência relevante de microfissuras apicais, quando comparado ao protocolo sem ultrassom.

REFERÊNCIAS

1. A MILANI-SALEM A. *et al.* The effect of protocol for disinfection of extracted teeth recommended by center for disease control (CDC) on microhardness of enamel and dentin. **Journal Of Clinical And Experimental Dentistry**, v. 5, n. 7, p. 552-556, 2015
2. ARUN, N.; RAMESH, S.; SANKAR, A. Knowledge, attitude, and practice of ultrasonics in endodontic treatment. **Journal Of Advanced Pharmaceutical Technology & Research**, v. 13, p. 173-176, 2022.
3. ALKAHTANY, S. M.; AL-MADI, E.M. Dentinal Microcrack Formation after Root Canal Instrumentation by XP-Endo Shaper and ProTaper Universal: a microcomputed tomography evaluation. **International Journal Of Dentistry**, v. 2020, p. 1-6, 2020.
4. ALMEIDA, A. *et al.* Micro-CT analysis of dentinal microcracks on root canals filled with a bioceramic sealer and retreated with reciprocating instruments. **Scientific Reports**, v. 10, n. 1, p. 1-6, 2020.
5. AKSOY, Çağman *et al.* Evaluation of XP-endo Shaper, Reciproc Blue, and ProTaper Universal NiTi Systems on Dentinal Microcrack Formation Using Micro-Computed Tomography. **Journal Of Endodontics**, v. 45, n. 3, p. 338-342, 2019.
6. AKSOY, U. *et al.* Publication trends in micro-CT endodontic research: a bibliometric analysis over a 25 :year period. **International Endodontic Journal**, v. 54, n. 3, p. 343-353, 2020.
7. BUSQUIM, S. *et al.* A micro-computed tomography evaluation of long-oval canal preparation using reciprocating or rotary systems. **International Endodontic Journal**, v. 48, n. 10, p. 1001-1006, 2014.
8. CASSAL, M. D.; SOARES, P. C.; SANTOS, M. The Effect of Combined Ultrasonic Tip and Mechanized Instrumentation on the Reduction of the Percentage of Non-Instrumented Surfaces in Oval/Flat Root Canals: a systematic review and meta-analysis. **Cureus**, v. 12, n. 15, p. 1-10, 2023.
9. CASTRO-PEREZ, M. A. *et al.* Optimization of automated preparation of long oval-shaped root canals using supplementary instrumentation. **Brazilian Dental Journal**, v. 34, n. 2, p. 35-40, 2023.
10. CHEN, C. *et al.* Evaluation of apical root defects during canal instrumentation with two different nickel-titanium (NiTi) systems by optical coherence tomography (OCT) scan.

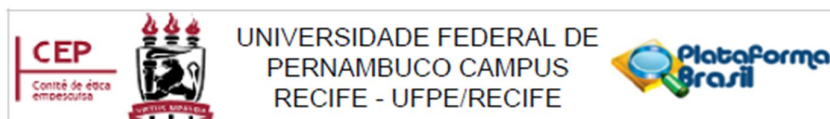
Journal Of Dental Sciences, v. 17, n. 2, p. 763-770, 2022.

11. DE-DEUS, G. *et al.* Arrowhead design ultrasonic tip as a supplementary tool for canal debridement. **International Endodontic Journal**, v. 53, n. 3, p. 410-420, 2019.
12. ESPIR, C. G. *et al.* Shaping ability of rotary or reciprocating systems for oval root canal preparation: a micro-computed tomography study. **Clinical Oral Investigations**, v. 22, n. 9, p. 3189-3194, 2018.
13. GAMBILL, J. M. *et al.* Comparison of nickel-titanium and stainless steel hand-file instrumentation using computed tomography. **Journal Of Endodontics**, v. 22, n. 7, p. 369-375, 1996.
14. GIRKIN, John M. *et al.* Overview of Optical Imaging Methods Used in Dentistry. **Optical Coherence Tomography In Dentistry**, p. 1-19, 12 jun. 2023.
15. LEE, S. *et al.* Dental optical coherence tomography: new potential diagnostic system for cracked-tooth syndrome. **Surgical And Radiologic Anatomy**, v. 38, n. 1, p. 49-54, 2015.
16. LUMLEY, P. J. *et al.* Cleaning of oval canals using ultrasonic or sonic instrumentation. **Journal Of Endodontics**, v. 19, n. 9, p. 453-457, 1993.
17. MARTINS, J. N. R. *et al.* Design, metallurgical features, mechanical performance and canal preparation of six reciprocating instruments. **International Endodontic Journal**, v.54, n. 9, p. 1623-1637, 2021.
18. MARTINS, J. N. R. *et al.* Comparison of five rotary systems regarding design, metallurgy, mechanical performance, and canal preparation—A multimethod research. **Clinical Oral Investigations**, v. 26, n. 3, p. 3299-3310, 2022.
19. MELLO, I. *et al.* Resistance to fracture of extracted teeth used for pre-clinical endodontic procedures: influence of storage conditions. **European Journal Of Dental Education**, v. 24, n. 2, p. 272-275, 2020.
20. MIOT, H.A. Análise de concordância em estudos clínicos e experimentais. **Jornal Vascular Brasileiro**, v. 15, n. 2, p. 89-92, jun. 2016.
21. OLIVEIRA, B. P. de *et al.* Detection of Apical Root Cracks Using Spectral Domain and Swept-source Optical Coherence Tomography. **Journal Of Endodontics**, v. 43, n. 7, p. 1148-1151, 2017.
22. OLIVEIRA, B. P. *et al.* Effect of Reciprocating Systems and Working Lengths on Apical Microcrack Development: a micro-ct study. **Brazilian Dental Journal**, v. 28, n. 6, p. 710-714, 2017.

23. PÉREZ, A. R. *et al.* Cleaning, Shaping, and Disinfecting Abilities of Instrument Systems as Evaluated by a Correlative Micro-computed Tomographic and Histobacteriologic Approach. **Journal Of Endodontics**, v. 46, n. 6, p. 846-857, 2020.
24. PINTO, J. C. *et al.* Effect of foraminal enlargement on microcrack formation and apical transportation: a nano-ct assessment. **Scientific Reports**, v. 13, n. 1, p. 1-7, 2023.
25. PAQUÉ, F. *et al.* Preparation of Oval-shaped Root Canals in Mandibular Molars Using Nickel-Titanium Rotary Instruments: a micro-computed tomography study. **Journal Of Endodontics**, v. 36, n. 4, p. 703-707, 2010.
26. RASHED, Bayan *et al.* Evaluation of Crack Formation and Propagation with Ultrasonic Root-End Preparation and Obturation Using a Digital Microscope and Optical Coherence Tomography. **Scanning**, v. 2019, p. 1-6, 2019.
27. RIVERA-PEÑA, M. E. *et al.* Ultrasonic tips as an auxiliary method for the instrumentation of oval-shaped root canals. **Brazilian Oral Research**, v. 33, p. 0-1, 2019.
28. ROMEIRO, K. *et al.* Influence of brushing motions on the shaping of oval canals by rotary and reciprocating instruments. **Clinical Oral Investigation**, v. 27, p. 1-10, 2023.
29. SANTOS-JUNIOR, A. O. *et al.* New Ultrasonic Tip Decreases Uninstrumented Surface and Debris in Flattened Canals: a micro-computed tomographic study. **Journal Of Endodontics**, v. 46, n. 11, p. 1712-1718, 2020.
30. SIQUEIRA JUNIOR, J. F. *et al.* Unprepared root canal surface areas: causes, clinical implications, and therapeutic strategies. **Brazilian Oral Research**, v. 32, n. 1, p. 1-18, 2018.
31. SOUSA-NETO, M. D. *et al.* Root canal preparation using micro-computed tomography analysis: a literature review. **Brazilian Oral Research**, v. 32, n. 1, p. 0-1, 2018.
32. TAVARES, K. I. M. C. *et al.* Combination of a new ultrasonic tip with rotary systems for the preparation of flattened root canals. **Restorative Dentistry & Endodontics**, v. 46, n. 4, p. 1-11, 2021.
33. VELOZO, C. *et al.* Shaping ability of XP-endo Shaper and ProTaper Next in long oval-shaped canals: a microcomputed tomography study. **International Endodontic Journal**, v. 53, n. 7, p. 998-1006, 2020.
34. VERSIANI, M. A. *et al.* A critical analysis of research methods and experimental

- models to study dentinal microcracks. **International Endodontic Journal**, v. 55, n. 1, p. 178-226, 2021.
35. WELLER, R. Norman *et al.* Efficacy of ultrasonic cleaning. **Journal Of Endodontics**, v. 6, n. 9, p. 740-743, 1980.
36. WEI, XI *et al.* The incidence of dentinal cracks during root canal preparations with reciprocating single-file and rotary-file systems: a meta-analysis. **Dental Materials Journal**, v. 36, n. 3, p. 243-252, 2017.
37. YOSHIOKA, T. *et al.* Detection of Root Surface Fractures with Swept-Source Optical Coherence Tomography (SS-OCT). **Photomedicine And Laser Surgery**, v. 31, n. 1, p. 23-27, 2013.
38. ZUOLO, M. L. *et al.* Micro-CT assessment of the shaping ability of four root canal instrumentation systems in oval-shaped canals. **International Endodontic Journal**, , v. 51, n. 5, p. 564-571, 2017.

ANEXO A – PARECER CONSUBSTANCIADO



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: USO DE INSERTO ULTRASSÔNICO NO PREPARO DO CANAL RADICULAR EM DENTES ACHATADOS: UMA ANÁLISE COM MICROCT E OCT

Pesquisador: MARIANA PEREIRA DE SOUZA DA SILVA

Área Temática:

Versão: 1

CAAE: 75975523.8.0000.5208

Instituição Proponente: Departamento de Clínica e Odontologia Preventiva

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 6.579.421

Apresentação do Projeto:

Projeto de pesquisa para Dissertação de Mestrado no Programa de Pós-Graduação em Odontologia – Curso de Mestrado em Clínica Integrada da Universidade Federal de Pernambuco, sob a orientação do Prof. Anderson Stevens Leônidas Gomes.

Trata-se de um estudo experimental a ser realizado no Laboratório de Optoeletrônica e Fotônica do Departamento de Física da UFPE, que disponibilizará o aparelho de OCT (Thorlabs Inc, New Jersey, USA) e no Laboratório de Física dos Solos do Departamento de Energia Nuclear, que disponibilizará o aparelho de Microtomografia Computadorizada (XTH225ST, Nikon, Japão), assim como o programa (CT Pro 3D v.XT3.1.3) para a reconstrução das imagens dos espécimes.

Este estudo será realizado com amostras biológicas de dentes humanos. Será obtida uma amostra de conveniência de 30 segundo pré-molares superiores, extraídos em uma população brasileira, por motivos não relacionados a este estudo. Os dentes humanos serão solicitados ao Banco de Dentes do Departamento de Prótese e Cirurgia Buco-Facial do CCS da UFPE para compor os três grupos experimentais que serão propostos.

Critério de Inclusão

Endereço: Av. das Engenhasria, s/n, 1º andar, sala 4 - Prédio do Centro de Ciências da Saúde
Bairro: Cidade Universitária **CEP:** 50.740-600
UF: PE **Município:** RECIFE
Telefone: (81)2126-8588 **Fax:** (81)2126-3163 **E-mail:** cephumanos.ufpe@ufpe.br